

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas

**Estudo comparativo da instabilidade residual após falha
na reconstrução do ligamento patelo-femoral com uso de
quatro diferentes enxertos em cadáveres**

Geraldo Luiz Schuck de Freitas

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Ellera Gomes

Porto Alegre

2012

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas

**Estudo comparativo da instabilidade residual após falha
na reconstrução do ligamento patelo-femoral com uso de
quatro diferentes enxertos em cadáveres**

Geraldo Luiz Schuck de Freitas

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Ellera Gomes

Porto Alegre

2012

CIP - Catalogação na Publicação

Freitas, Geraldo Luiz Schuck

Avaliação da instabilidade resultante da falha na reconstrução do ligamento patelo-femoral com uso de quatro diferentes enxertos em cadáveres / Geraldo Luiz Schuck Freitas. -- 2012.

91 f.

Orientador: João Luiz Ellera Gomes.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. cirurgia. 2. joelho . 3. Ligamento Patelo-femoral Medial. 4. Luxação patela. I. Gomes, João Luiz Ellera , orient. II. Título.

DEDICATÓRIA

À Deus pela inspiração, pela fortaleza e pelo Amor.

À minha esposa Janaína, pelo apoio incondicional, pelo amor dedicado e pela paciência, por compartilhar o precioso tempo da nossa gestação e tratamento do nosso filho com o desenvolvimento deste projeto. Obrigado por toda a felicidade que me trazes e por fazer meu caminho mais florido.

Aos meus filhos Thomas e Thales, por me fazerem querer viver mais, ultrapassar barreiras e me redescobrir como pai.

Aos meus pais, Carlos, (Maria de Lourdes *-in memoriam*) e Traudi, pela educação, amor e estímulo que sempre me fizeram querer ir mais longe.

Aos meus avós, Olmiro e Alice, Edmundo e Flora, Carlos e Arlinda, que me ensinaram o valor da família.

Aos meus Sogros Mauro e Sônia, pelo amor e carinho, pelo companheirismo, pelo encorajamento e pelo acolhimento na sua família.

Aos meus irmãos, Gerson, César, Carlos, Cezar, Eduardo, Fabiane e Paulo Sérgio-*in memoriam*, que me ensinaram que juntos somos grandes e que se pode dividir sem ficar menor.

AGRADECIMENTOS

Quando somos Jovens buscamos inspirações em nossos mestres e nos que estão a nossa frente, admiramos suas virtudes e criticamos seus defeitos, vemos o que atingiram e os caminhos que percorreram. São seus exemplos e os valores que carregamos que forjam nosso modelo de ser.

O profissional que sou hoje é resultado das minhas vivências e personalidade, mas também da influência que sofri de diversas pessoas ao longo do caminho. Deixo aqui o meu agradecimento especial àqueles que foram e ainda são exemplos para mim, e que influenciaram significativamente minha formação profissional.

Ao professor João Luiz Ellera Gomes, pelo exemplo de grande cirurgião na habilidade e no conhecimento, de busca incessante da inovação, de querer responder as questões através da ciência e da pesquisa, pela amizade, pelo estímulo e pela confiança a mim dedicados.

A esta Universidade, direção e coordenação do curso de pós-graduação e seus professores pelo excelente trabalho realizado em prol da ciência e da excelência acadêmica, o qual pude testemunhar neste curso de Mestrado.

Ao Dr Francisco Silveira Benfica diretor do Instituto Médico Legal de Porto Alegre, e ao Dr. César Augusto Mércio Ferreira, que acreditaram em nosso projeto e ajudaram a criar as condições para que ele se realizasse.

Ao professor Carlos Roberto Schwartsmann, pelo voto de confiança, pelo estímulo a carreira acadêmica e pela pesquisa. E em seu nome, como chefe do Serviço da Santa Casa de Porto Alegre, também agradeço a todos os mestres daquela casa, pelo empenho,

abnegação, e ensinamento que me deram na minha formação, e que hoje tento passar aos residentes.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS (ARTIGO EM INGLÊS)

Table 1.....

Figure 1.....

Figure 2.....

Figure 3.....

Figure 4.....

Figures 5A, 5B.....

Figures 6A, 6B, 6C.....

Figures 7A, 7B, 7C.....

Grafico I

LISTA DE TABELAS E FIGURAS (ARTIGO EM PORTUGUÊS)

Tabela 1.....	
Figura 1.....	
Figura 2.....	
Figura 3.....	
Figura 4.....	
Figuras 5A, 5B.....	
Figuras 6A, 6B, 6C.....	
Figuras 7A,7B, 7C.....	
Gráfico I	

LISTA DE ABREVIATURAS

ADM	Amplitude de movimento
Ângulo Q	Ângulo do Quadríceps
DP	Desvio Padrão
IMC	Índice de Massa Corporal
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
LPFM	Ligamento Patelofemoral Medial
RE	Rotação Externa
RI	Rotação Interna
RM	Ressonância Magnética
TC	Tomografia computadorizada

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	4
AGRADECIMENTOS.....	5
LISTA DE TABELAS E FIGURAS (ARTIGO EM INGLÊS).....	6
LISTA DE TABELAS E FIGURAS (ARTIGO EM PORTUGUÊS).....	7
LISTA DE ABREVIATURAS.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Biomecânica do LPFM	12
2.2 Fatores de Risco pra Ruptura do LPFM.....	13
2.2.1 Fatores Ambientais.....	14
2.2.2 Fatores Hormonais.....	14
2.2.3 Fatores Neuromusculares.....	14
2.2.4 Fatores Anatômicos.....	14
2.2.4.1 Ângulo Q.....	15
2.2.4.2 Valgismo do Joelho.....	15
2.2.4.3 Frouxidão Ligamentar.....	15
2.2.4.4 Altura da Patela.....	15
2.2.4.5 Displasia da Tróclea.....	16
2.2.4.6 Distúrbios Torcionais dos Membros Inferiores.....	16
2.2.4.7 Displasia do Vasto Medial.....	16
3. RECONSTRUÇÃO DO LPFM PARA TRATAMENTO DA INSTABILIDADE	
FEMORO-PATELAR.....	17
3.1 COM ENXERTO DO SEMI-TENDÍNEO.....	17
3.2 COM ENXERTO DO TERÇO MEDIAL DO TENDÃO PATELAR.....	18

3.3 COM ENXERTO DO TERÇO CENTRAL DO TENDÃO DO QUADRÍCEPS.....	18
3.4 COM ENXERTO DO TERÇO MEDIAL DO TENDÃO DO QUADRÍCEPS.....	18
4. USO DE CADÁVERES PARA O EXPERIMENTO.....	
5. REFERÊNCIAS.....	
6. OBJETIVOS.....	
6.1 PRINCIPAL.....	
6.2 SECUNDÁRIO.....	
7. CONCLUSÃO.....	
8. ARTIGO EM INGLÊS.....	
9. ARTIGO EM PORTUGUÊS.....	

1.Introdução

A incidência de luxação primária da patela é de 5,8 para cada 100.000 na população em geral e aumenta de 29 para cada 100.000, se considerarmos a faixa etária entre 10 e 17 anos, onde o sexo feminino é 33% mais vulnerável¹. O tratamento não cirúrgico tem uma taxa de recorrência varia de 15% a 44%². Em caso de ocorrer um segundo episódio de luxação a probabilidade de ocorrerem episódios recorrentes aumenta para 50%¹. Atkin et AL. relataram que 55% dos pacientes falharam na tentativa de retornarem ao esporte e 55% apresentaram limitações em atividades estenuantes mesmo seis meses após a lesão³. As consequências das luxações recidivantes incluem limitações temporárias e permanentes, bem como afastamento do trabalho, lazer e esporte, o que corresponde muitas vezes a altos custos. Muitos autores descreveram as alterações anatômicas implicadas como causas da luxação, e as diversas técnicas empregadas na correção destas alterações⁴⁻⁹.

O Ligamento Patelofemoral Medial (LPFM) é constituído de uma banda de tecido conjuntivo retinacular, que conecta o epicôndilo medial do fêmur e a borda medial da patela, tem um comprimento médio de 55 mm e uma largura que varia de 3 a 30 mm¹⁰. Apesar de ser um ligamento fino ele tem uma resistência à tração de 208 N, e tem sido relatado como o principal restritor primário da luxação lateral da patela, contribuindo com até 80% da força de restrição medial¹¹⁻¹². O LPFM é uma continuação da superfície retinacular das fibras do Músculo Vasto Medial Oblíquo, e suas inserções se estendem do bordo supero-medial da patela até epicôndilo medial levemente anterior a inserção do Ligamento Colateral Medial.

Estudos biomecânicos mostraram que o LPFM tem uma capacidade limitada de se alongar o que resulta em sua ruptura em caso de luxação lateral da patela¹³, e, além disso, a sua capacidade de cicatrização é insuficiente, o que leva a um aumento da frouxidão das estruturas retinaculares mediais da patela¹⁴⁻¹⁵.

Desde que o primeiro artigo foi publicado defendendo a reconstrução do LPFM¹⁶, e introduzindo um novo conceito de restaurar a anatomia do LPFM rompido ao invés de corrigir as anormalidades predisponentes, muitas técnicas de reconstrução do LPFM tem sido desenvolvidas^{16,17,18,19,20,21,22,23,24,25}. Os tendões, patelar e quadricipital, proveem um forte vetor de força posterior durante a flexão do joelho, contribuindo para aumentar a estabilidade na flexão do joelho¹⁰. Desta forma, procedimentos cirúrgicos que utilizam essas duas estruturas como fonte de autoenxertos para a reconstrução do LPFM¹⁷⁻²⁰ estão sob-risco de, em caso de falha, agravar ainda mais a instabilidade patelar piorando a condição do paciente. Por outro lado as técnicas que não utilizam estes tendões, como fonte de enxerto para a reconstrução do LPFM, apresentariam, potencialmente, um menor risco de agravar a instabilidade em caso de falha²¹⁻²⁵. A opção por testar esta possibilidade apenas com o Tendão do Semi-Tendíneo, se deve ao fato do tendão do adutor Magno ter se mostrado de tamanho e consistência irregular em outros estudos²⁴⁻²⁵.

O presente estudo busca por meio de um experimento laboratorial de verificar se existe diferença na instabilidade resultante após provocação cirúrgica de falha da reconstrução do ligamento Patelofemoral Medial (LPFM) em joelhos de cadáver, com uso dos quatro enxertos mais utilizados neste procedimento. A partir de uma amostra pareada de 8 cadáveres obtidos junto ao Instituto Médico Legal de Porto Alegre, foram realizados os experimentos e obtidos os dados necessários para concluir o estudo.

2. Revisão da Literatura

2.1 Biomecânica do Ligamento Patelofemoral Medial

O Ligamento Patelofemoral Medial é um ligamento fino, ele tem uma resistência à tração em média de 208 N, e tem sido relatado como o principal restritor passivo da luxação lateral da patela, contribuindo com até 80% da força de restrição medial¹¹⁻¹². Embora não existam dados disponíveis quanto à variação da sua resistência quanto à idade, mas se

sabe em outros ligamentos do joelho, como no Ligamento Cruzado Anterior é aproximadamente 2,5 vezes mais resistente na terceira década de vida do que aos setenta anos. O Ligamento Patelofemoral Medial tem capacidade limitada de se alongar o que resulta em sua ruptura em caso de luxação lateral da patela¹³. A sua capacidade de cicatrização é insuficiente, e devido a esta razão ocorre um aumento da frouxidão das estruturas retinaculares mediais da patela¹⁴⁻¹⁵ após o primeiro episódio de luxação.

Nomura et al²⁶ mediram o aumento da frouxidão resultante do corte do LPFM em diferentes graus de flexão do joelho em um estudo em cadáveres. Estes autores demonstraram que a patela foi deslocada lateralmente em 6 mm no joelho intacto quando aplicada uma força empurrando a patela lateralmente, e que aumentou para 13 mm após o LPFM ser cortado. Hautamaa et al¹¹ através de um estudo semelhante encontrou um deslocamento lateral da patela de 9 mm no joelho intacto e de 13 mm após o corte do LPFM. Em ambos os estudos a estabilidade do joelho foi readquirida após o reparo do LPFM. Conlan et al²⁷ e Desio et al¹² demonstraram que ao redor de 20 graus de flexão é onde o LPFM foi capaz de resistir 60% da força de deslocamento. Existe um consenso entre os autores de que o máximo da instabilidade se encontra ao redor de 20 graus de flexão^{11,12,27}, logo é ao redor desta posição que os testes laboratoriais têm sido realizados. A contribuição do LPFM em resistir à luxação lateral da Patela é maior com o joelho estendido, este achado está ligado ao fato do retináculo medial estar tensionado em extensão e relaxado em flexão¹⁰.

2.2 Fatores de Risco para ruptura do LPFM

Parece ser claro que a luxação lateral da Patela é o mecanismo que causa a ruptura do LPFM, porque as estruturas de colágeno tipicamente falham quando são alongadas ao redor de 20% a 30% de seu comprimento, o qual representa aproximadamente 12-18mm de deslocamento lateral da patela¹⁰. Estudos que compararam a incidência de luxações femoro-patelares e prática desportiva demonstraram taxas de luxação ocorrendo ao redor de 60% durante a prática esportiva^{1,28}, onde

movimentos sem contato, tais como, girar sobre o pé fixo e mudar de direção são os mais implicados.

2.2.1 Fatores ambientais

Os fatores ambientais compreendem o tipo de calçado, o uso alguns equipamentos como órteses e braces, superfície onde ocorre a lesão, e até as condições meteorológicas. As evidências em relação a estes fatores são escassas e de qualidade questionável, mas da mesma forma que seja plausível em relação às rupturas do Ligamento Cruzado Anterior, uma vez que os mecanismos de lesão se assemelham, fatores que aumentam o atrito entre o calçado e a superfície poderiam aumentar o risco de luxação da patela e conseqüentemente ruptura do LPFM^{29,30}.

2.2.2 Fatores Hormonais

Os hormônios sexuais interferem na síntese e degradação do colágeno, e estudos evidenciaram a presença de receptores para estes hormônios em outros ligamentos do joelho^{31,32}. Fithian et al¹ mostraram em uma grande cohort prospectiva que dentro da faixa etária de maior risco (entre 10 e 17 anos), o sexo feminino foi 33% mais vulnerável do que o masculino a ter um primeiro episódio de luxação. Neste estudo o autor demonstrou ainda que dentro da mesma faixa etária, o risco de luxação da Patela entre as meninas com história de queixas femoro-patelares foi três vezes maior do que nos meninos.

2.2.3 Fatores Neuromusculares

Alterações de tecidos moles, tais como tendões, músculos e ligamentos, comumente são relatadas entre os pacientes que luxam a patela. Fraqueza muscular ou desequilíbrio muscular estão associados a instabilidade femoro-patelar. Não se sabe se a causa está ligada a um problema do desenvolvimento⁴² ou se resulta de luxações de repetição^{43,44}.

2.2.4 Fatores Anatômicos

Diversos fatores anatômicos têm sido implicados na etiologia da luxação lateral da patela, entre eles o alinhamento mecânico dos membros inferiores, o ângulo Q, a altura da Patela, a Displasia da Tróclea, frouxidão ligamentar e displasia do Músculo Vasto Medial Oblíquo^{5,6,7,8,33}.

2.2.4.1 Ângulo Q

Muitos estudos já demonstraram que o ângulo Q é maior em mulheres do que em homens e está relacionado a lesões no joelho por alterar a cinemática dos membros inferiores³³. Em um estudo de casos e controles, Shambaugh et al encontraram um ângulo Q maior nos atletas com lesão do joelho em relação aos que não tinham lesão³⁵. O ângulo Q expressa uma medida da tendência da patela se mover lateralmente quando o quadríceps é contraído. O ângulo Q se define, pelo ângulo existente entre uma linha que parte do centro da patela e vai em direção a espinha Ilíaca Antero-superior, e outra linha que parte do mesmo ponto na patela em direção ao centro da tuberosidade anterior da tíbia. No prolongamento proximal desta segunda linha, estabelecemos um ângulo com a primeira linha, onde então medimos o ângulo Q. Clinicamente o ângulo Q aumentado ($>15^{\circ}$) expressa um aumento da força de lateralização da Patela, que traciona a Patela lateralmente para fora do sulco troclear^{7,36,37}. A medida do ângulo Q é significativamente maior, ao exame físico, nos pacientes com história de instabilidade femoro-patelar³⁹, da mesma forma quando a posição da tuberosidade anterior da tíbia é medida de forma mais objetiva, através de tomografia computadorizada (TC), um deslocamento lateral da tuberosidade é encontrada em pacientes com instabilidade femoro-patelar⁴⁰.

2.2.4.2 Valgismo do Joelho

O valgismo do joelho tem sido visto como um fator secundário como causa de instabilidade femoro-patelar e está frequentemente associado a uma lateralização da tuberosidade anterior da tíbia com o joelho em extensão⁷, e conseqüentemente a um aumento do ângulo Q.

2.2.4.3 Frouxidão Ligamentar

Pacientes com frouxidão ligamentar generalizada apresentam um risco maior de sofrerem luxação da Patela, e tal condição tem sido considerada como um fator predisponente³⁸.

2.2.4.4 Altura da Patela

A Patela alta é o achado mais consistente ao exame físico de pacientes com instabilidade femoro-patelar^{3,39,40}. Dejour et al⁴⁰ defende a posição de que a patela alta é uma forma de displasia do quadríceps, evidenciada pelo encurtamento do aparelho extensor do joelho. Independentemente da sua origem, se sabe que a patela alta aumenta significativamente o risco de se ter um episódio de luxação da patela, recidiva de luxações ou ambas. Pelo fato de que na presença de patela alta a patela encaixa na tróclea mais tarde durante a flexão do joelho, do que em um joelho com a patela em posição normal, é fácil de entender como uma patela alta poderia aumentar os limites da mobilidade passiva (instabilidade) pela redução da estabilização articular promovida pela tróclea em determinado grau de flexão do joelho³⁹.

2.2.4.5 Displasia da Tróclea

Amplamente definida como um achatamento do sulco femoral, tem sido reconhecida como um fator de instabilidade desde 1915, e um relato cirúrgico feito por Albee⁴¹. Henry Dejour et al⁴⁰ posteriormente reviu os fatores envolvidos na instabilidade femoro-patelar através de um estudo radiográfico e encontrou a displasia da tróclea como sendo o sinal radiográfico presente, de maior consistência entre os pacientes que possuíam luxação recidivante da patela, quando comparado com os controles.

2.2.4.6 Distúrbios Torcionais dos Membros Inferiores

Muitas vezes estão presentes em pacientes com Instabilidade femoro-patelar, incluindo aumento da rotação externa tibial^{45,46} e deformidades torcionais do fêmur^{47,48,49}. Outros autores⁴⁰ relataram que havia muita variação entre os indivíduos, portanto estes dados teriam

pouca utilidade clínica, e também não havia diferença significativa entre as medidas dos casos e do grupo controle.

2.2.4.7 Displasia do Vasto medial

A inserção do músculo Vasto Medial Oblíquo inicia na borda supero-medial da patela, podendo atingir até a metade superior da patela. O vetor deste músculo está medialmente direcionado e forma um ângulo varia de 50° a 65° com o eixo mecânico do membro inferior^{50,51,52}. Alguns autores^{53,54} demonstraram que em pacientes com displasia do Vasto Medial Oblíquo, o tendão deste músculo, apresentava uma inserção mais proximal que o normal, sendo menos efetivo como estabilizador dinâmico da patela, desta forma o vetor muscular também apresentava uma orientação mais verticalizada do que o normal. Também, a resposta de contração muscular, em relação a outros músculos, estava alterada e poderia contribuir com a instabilidade⁵⁴.

3. Reconstrução do LPFM para tratamento da Instabilidade femoro-patelar

Nas últimas duas décadas, o desejo de restaurar a anatomia e substituir os restritores lesados na luxação tem se tornado um princípio cirúrgico fundamental no manejo de articulações instáveis. A tendência, a alguns anos, de estabilizar a instabilidade do Ombro, tornozelo e joelho demonstra bem este fato⁵⁵. Procedimentos cirúrgicos que moviam estruturas extra-articulares para prevenir movimentos em certos planos (Tenodese do tracto ílio-tibial para instabilidade Antero-lateral do joelho, cirurgia de Bristow para instabilidade antero-inferior do ombro) agora têm sido substituídos por reparo primário ou reconstrução do ligamento lesado (Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior e reparo do labrum glenoideo respectivamente). Interesse em identificar a lesão essencial dentro da pato-mecânica da lesão e subsequentemente reparar ou reconstruir esta lesão essencial, tem ganhado adeptos, ao invés de realizar transferências tendinosas ou musculares, artrodese, ou excisões no tratamento das instabilidades articulares. Desde a publicação inicial de Ellera Gomes¹⁶ em 1992, muitos autores tem advogado uma abordagem

similar para a maioria dos casos de instabilidade femoro-patelar^{17,18,19,20,21,22,23,24,25}, através da reconstrução do LPFM, com a utilização mais comum dos enxertos do Semi-Tendíneo, terço medial do tendão patelar, e terços medial e central do tendão do quadríceps.

3.1 Reconstrução do LPFM com enxerto do Semi-Tendíneo

O enxerto livre do Semi-tendíneo é o enxerto autólogo mais utilizado em forma de enxerto isolado, segundo a literatura^{22,56,57,58,59,60,61,62}, apresenta como vantagens o aspecto estético, baixa morbidade da zona doadora e de não utilizar enxerto proveniente do aparelho extensor do joelho, o que em teoria não afetaria a mecânica femoro-patelar.

3.2 Reconstrução do LPFM com enxerto do terço medial do tendão patelar

Alguns autores defendem o uso do tendão patelar como fonte de enxerto, por este mesmo ser rotineiramente utilizado como fonte de enxerto para cirurgias no joelho^{19,63}, e também por este funcionar como um retalho ao invés de um enxerto livre. Desta forma deixando a porção proximal inserida na patela e a distal livre, porém sem um fragmento de osso inserido, o que permitiria tanto fixá-lo ao epicôndilo femoral através de âncoras ósseas ou parafuso de interferência.

3.3 Reconstrução do LPFM com enxerto do terço central do tendão do Quadríceps

Esta técnica consta da tomada do terço central do tendão do Quadríceps em forma de retalho, ou seja, deixando o mesmo fixo a sua inserção patelar. Os defensores desta técnica¹⁷ apontam o fato do tendão do quadríceps ser uma estrutura trilaminar (reto anterior, vasto medial e lateral), e que poderia ser retirada apenas a camada mais superficial, ou ser usado com todas as suas camadas⁶⁴. Steensen et al¹⁷ ressalta que com uso deste enxerto se pode optar pela fixação do enxerto com suturas ou com parafuso de interferência intratunel, outro ponto destacado se relaciona a inserção patelar em uma posição dita mais anatômica.

3.4 Reconstrução do LPFM com enxerto do terço medial do tendão do Quadriceps

Nesta técnica, de forma semelhante à técnica anteriormente descrita, o tendão do Quadriceps é dividido em 3 terços e é utilizado como retalho com uma das extremidades inseridas a patela, porém o terço medial é utilizado como enxerto para a reconstrução do LPFM^{18,62}.

Utilizando o enxerto desta forma Noyes et al¹⁸ defendem que a inserção patelar se encontra em uma posição, mais anatômica quando comparada a técnica que utiliza o terço central do tendão do quadríceps, desta forma ofereceria uma melhor isometria a reconstrução. Ressalta ainda que a fixação no epicôndilo femoral poderia ser feita através de suturas periosteais, ancoras e ainda com parafuso de interferência em um túnel ósseo.

4. Utilização de Cadáveres para o experimento

A realização do experimento em cadáveres, além de proporcionar a anatomia ideal, e a fonte dos enxertos necessários para o trabalho, também se adéqua do ponto de vista ético. Outros autores^{10,11,12,26,27} que realizaram estudos biomecânicos no joelho, utilizaram cadáveres para tanto. O ponto forte de nossa amostra é a utilização de cadáveres inteiros, desta forma o aparelho extensor estava totalmente íntegro.

5. REFERERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Silva P, Davis DK, Elias DA, White LM. Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2004;32:1114-21.
2. Hawkins RJ, Bell RH, Anisette G. Acute patellar dislocations. The natural history. *Am J Sports Med.* 1986; 14:117-20.
3. Atkin DM, Fithian DC, Marangi KS, Stone ML, Dobson BE, Mendelsohn C. Characteristics of patients with primary acute lateral patellar dislocation and their recovery within the first 6 month of injury. *Am J Sports Med.* 2000;28:472-9.
4. Catons J, Deschamps G, Chambat P et al. Les rotules basses- a propos de 128 observations. *Rev. Chir Orthop* 1982; 68:317-25.
5. Deburge A, Chambart P. La transposition de la Tuberosite tibiale anterieure. *Rev Chir Orthop* 1980:4
6. Dejour H. Les recidives après traitement chirurgical de l'instabilite rotulienne. *Le Genou- VII Journees de Menucourt*, 1993.
7. Dejour H, Walch G. La pathologie femoro-patelar, 6 emes Journees Lyonnaises de chirurgie Du genou, Lyon, 1987:95.
8. Dejour H, Walch G, Neyret Ph., Adelaine P. La Dysplasie de la trochlee femorale. *Rev Chir Orthop* 1990;76:45-54.
9. Inssal JN. *Surgery of the Knee.* 2a. Ed, 1993;1:241.
10. Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W, Thomas NP. Anatomy and Biomechanics of the Medial Patellofemoral Ligament. *The Knee* 2003;10:215-20.
11. Hautamaa PV, Fithian DC, Kaufman KR, Daniel DM, Pohlmeier AM. Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair. *Clin Orthop Relat Res* 1998:174-82.
12. Desio SM, Burks RT, Bachus KN. Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *Am J Sports Med.* 1998;26:59-65.

13. Mounthey J, Senavongse W, Amis AA, Thomas NP. Tensile strength of medial patellofemoral ligament before and after repair or reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:36-40.
14. Sallay PI, Poggi J, Speer KP, Garret WE. Acute dislocation of the patella. A correlative pathoanatomic study. *Am J sports Med* 1996;24:52-60.
15. Nomura E. Classification of lesions of the medial patellofemoral ligament in the patellar dislocation. *Int Orthop* 1999;23:260-63.
16. Ellera Gomes JL. Medial patellofemoral reconstruction for recurrent dislocation of patella: A preliminary report. *Arthroscopy* 1992;8:335-40.
17. Robert N. Steensen, M.D., Ryan M. Dopirak, M.D., and Peter B. Maurus, M.D. A Simple Technique for Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament Using a Quadriceps Tendon Graft. *Arthroscopy* 2005; 21: 365-70.
18. Frank R. Noyes, M.D., and Jay C. Albright, M.D. Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament With Autologous Quadriceps Tendon. *Arthroscopy* 2006; 22: 904.e1-904.e7.
19. Camanho GL, Bitar AC, Hernandez AJ, and Olivi R. Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Novel Technique Using the Patellar Ligament. *Arthroscopy* 2007; 23: 108.e1-108.e4.
20. Robert A. Teitge and Roger Torga Spak. Lateral Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 2004; 20: 998-1002.
21. Ellera Gomes JL. Medial patellofemoral reconstruction for recurrent dislocation of the patella: A preliminary report. *Arthroscopy* 1992;8:335-340.
22. Ellera Gomes JL, Stigler Marczyk LR, César de César P, Jungblut CF. Medial patellofemoral ligament reconstruction with semitendinosus autograft for chronic patellar instability: A follow up study. *Arthroscopy* 2004;20:147-151.
23. Christiansen SE, Jacobsen BW, Lund B, and Martin M. Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament With Gracilis

- Tendon Autograft in Transverse Patellar Drill Holes. *Arthroscopy* 2008; 24: 82-87.
24. Jacobi M, Reischl N, Bergmann M, et al. Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament Using the Adductor Magnus Tendon: An Anatomic Study. *Arthroscopy* 2012; 28:105-109.
 25. Gomes JE. Comparison between a static and dynamic technique for Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 2008;24:430-435.
 26. Nomura E, Horiuchi Y, Kihara M. Medial patellofemoral ligament restraint in lateral patellar translation and reconstruction. *Knee* 2000;7:121-27.
 27. Conlan T, Garth WP, Lemons J. Evaluation of the medial soft tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Jt Surg* 1993; 75 Am: 682-93.
 28. Nietosvaara Y, Aalto K, Kallio PE. Acute patellar dislocation in children: incidence and associated osteochondral fractures. *J Pediatr Orthop* 1994;14:513-15.
 29. Meyers MC, Barnhill BS. Incidence, causes and severity of high school football injuries on field turf versus natural grass: a 5-year prospective study. *Am J Sports Med* 2004;32(7):1626-38.
 30. Orchard J, Seward H, McGivern J, Hood S. Rainfall, evaporation and risk of contact anterior cruciate ligament injury in the Australian Football League. *Med J Aust* 1999;170(7):304-6.
 31. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med* 2006;34(9):1512-32.
 32. Yu WD, Panossian V, Hatch JD, Liu SH, Finerman GA. Effect of estrogen on the cellular metabolism of the human anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res* 1999;366:229-38.
 33. Colvin AC, West RV. Patellar Instability. *The Bone J Surg Am* 2008;90:2751-62.

34. Livingston LA. The quadriceps angle a review of the literature. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;28(2):105-9.
35. Shambaugh JP, Klein A, Herbert JH. Structural measures as predictors of injury in basketball players. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(5):522-27.
36. Aglietti P, Buzzi R, Insall JN. Disorders of the patellofemoral joint. In: Insall JN, Scott WN (eds.) *Surgery of the Knee*. New York: Churchill Livingstone 2001:913-1044.
37. Hughston JC. Subluxation of the Patella. *J Bone Joint Surg Am* 1968;58:1003-26.
38. Boden BP, Pearsall AW, Garret WE, Feargin JA. Patellofemoral instability: evaluation and management. *J Am Acad orthop Surg* 1997;5:47-57.
39. Arendt EA, Fithian DC, Cohen E. Current concepts of lateral patella dislocation. *Clin Sports Med* 2002;21:499-519.
40. Dejour H, Walch G, Nove-josserand L, et al. Patellar problems: factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy* 1994;2:19-26.
41. Albee FH. The bone graft wedge in the treatment of habitual dislocation of the patella. *Med Rec* 1915;88:257-9.
42. Nove-Josserand L. Quadriceps dysplasia and patellar tilt in objective patellar instability. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1995;81:497-504.
43. Basset FH. Acute dislocation of the patella, osteochondral fractures, and injuries to the extensor mechanism of the knee. *Am Acad Orthop Surg Instr Cour Lec* 1976;25:40-9.
44. Sally PI. Acute dislocation of the patella. A correlative pathoanatomic study. *Am J Sports Med* 1996;24:52-60.
45. Cooke TD, Price N, Fischer B, et al. The inwardly pointing of the knee: an unrecognized problem of external rotational malalignment. *Clin Orthop* 1990;260:26-60.
46. Turner MS, Smilie IS. The effect of tibial torsion on the pathology of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 1981;63:396-8.

47. Eckhoff DG, Johnston RJ, Stamm ER, et al. Version of osteoarthritic knee. *J Arthroplasty* 1994;9:73-9.
48. Reikeras O. Is there a relationship between femoral anteversion and leg torsion? *Skeletal Radiol* 1999;20:409-11.
49. Weber U. Malrotation of the distal femur. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1977;115:707-15.
50. Bose K, Kanagasuntheram R, Osman MBH. Vastus medialis Oblique: an anatomic and physiologic study. *Orthopedics* 1980;3:880-83.
51. Koskinen SK, Kujala UM. Patellofemoral relationships and distal insertion of the vastus medialis muscle: a magnetic resonance imaging study in nonsymptomatic subjects and in patients with patellar dislocation. *Arthroscopy* 1992;8:465-68.
52. Raimondo RA, Ahmad CS, Blankevoort L, April EW, Grelsamer RP, Henry JH. Patellar stabilization: a quantitative evaluation of the vastus medialis obliquus muscle. *Orthopedics* 1998;21:791-95.
53. Fulkerson JP. Disorders of patellofemoral joint. Ed. 3 Baltimore Williams and Wilkins, 1987.
54. Grelsamer RP. Current Concepts Review. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82-A (11): 1639-50.
55. Hamilton WG, Thompson FM, Snow SW. The modified Brostrom procedure for lateral ankle instability. *Foot Ankle* 1993;14:1-7.
56. Ahmad CS, Brown GD, Shubin Stein B. The docking technique for medial patellofemoral ligament reconstruction: Surgical technique and clinical outcome. *Am J Sports Med* 2009;37:2021-27.
57. Drez DJ, Edwards TB, Williams CS. Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation. *Arthroscopy* 2001;17:298-306.
58. Fernandez E, Sala D, Castejon M. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for patella instability using a semitendinosus autograft. *Acta Orthop Belg* 2005;71:303-308.
59. Mikashima Y, Kimura M, Kobayashi Y, Miyawaki M, Tomatsu T. Clinical results of isolated reconstruction of the patellofemoral ligament for recurrent dislocation and subluxation of the patella. *Acta Orthop Belg* 2006;72:65-71.

60. Ronga M, Oliva F, Longo UG, Testa V, Capasso G, Maffulli N. Isolated medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med* 2009;37:1735-42.
61. Schottle PB, Fucentese SF, Romero J. Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with semitendinosus autograft for patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005;13:516-21.
62. Fischer B, Nyland J, Brabd E, Curtin B. Medial Patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation: A systematic review including rehabilitation and return-to-sports efficacy. *Arthroscopy* 2010;26(10):1384-94.
63. Steiner TM, Torga R, Teitge RA. Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia. *Am J Sports Med* 2006; 34:1254-61.
64. Burks RT, Luker MG. Medial patellofemoral ligament reconstruction. *Tech Orthop* 1997;12:185-91.

6. Objetivos

6.1 Principal:

Verificar se existe diferença na instabilidade resultante mediante provocação cirúrgica de falha após a reconstrução do ligamento Patelofemoral Medial (LPFM) em joelhos de cadáver, nos quatro enxertos mais utilizados neste procedimento.

5.2 Secundário:

Verificar se o uso de algum destes enxertos oferece menor risco em caso de falha.

7. CONCLUSÃO

Concluimos que existe diferença na instabilidade resultante após provocação cirúrgica de falha da reconstrução do ligamento Patelofemoral Medial (LPFM) em joelhos de cadáver, nos quatro enxertos mais utilizados neste procedimento. Concluimos ainda que a técnica que utiliza o enxerto livre do Semi-tendíneo oferece menor risco em caso de falha, pois não apresentou diferença entre a força necessária para produzir a luxação lateral da patela, antes e depois da simulação da falha da reconstrução.

8. ARTIGO EM INGLÊS

Title:

**Residual instability after failure of patellofemoral
ligament reconstruction with four different graft types: a
comparative cadaver study**

First author:

Geraldo Luiz Schuck de Freitas MD

Coauthors:

João Luiz Ellera Gomes PhD

Carlos Coradini Abdala MD

Affiliation:

Escola de Medicina- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brasil

Residual instability after failure of patellofemoral ligament reconstruction with four different graft types: a comparative cadaver study

Objectives: To ascertain whether differences exist in joint instability after experimentally induced failure of medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction in the cadaver knee with the four graft types most widely used for this procedure, and whether any of these grafts are associated with decreased risk in the event of failure. **Methods:** Between March 2011 and March 2012, eight cadavers obtained from the local medical examiner's office were randomly allocated into four groups (four knees each). In each group, a different graft technique was used for MPFL reconstruction. The forces required to induce lateral subluxation of the patella before reconstruction and after experimental failure of surgical reconstruction were recorded. The tested graft techniques were then compared to assess which was associated with the least instability after failed reconstruction. **Results:** In knees where failure was induced after reconstruction with a semitendinosus graft, the mean force required to induce subluxation was 0.3% less than that required to induce subluxation before reconstruction. In knees where failure was induced after reconstruction with a medial patellar tendon graft, the mean force required to induce subluxation was 35.1% less than that required to induce subluxation before reconstruction. In knees where failure was

induced after reconstruction with a medial quadriceps tendon graft, the mean force required to induce subluxation was 79.5% less than that required to induce subluxation before reconstruction. In knees where failure was induced after reconstruction with a central quadriceps tendon graft, the mean force required to induce subluxation was 10.59% less than that required to induce subluxation before reconstruction. **Conclusions:** There were differences in residual instability after simulated MPFL reconstruction failure depending on graft type. Use of the free semitendinosus graft technique was associated with the least risk of residual instability in case of reconstruction failure.

Introduction

The knee is part of a complex kinetic chain, in which many of the body's motions require adequate joint function¹. Within the biomechanics of the lower extremity, the patellofemoral joint is key to proper knee motion.

Patellar subluxation is characterized by a breakdown in the stability of the patella between the femoral condyles. Subluxation may be due to torsional strain, when a patient's body rotates while the foot remains planted on the ground; less commonly, direct trauma to the medial aspect of the patella may lateralize it to the point of dislocation. Medial

subluxations are rare in patients without a history of lateral retinacular release surgery².

The medial patellofemoral ligament (MPFL) is a retinacular band of organized fibrous tissue that connects the medial femoral condyle to the medial border of the patella. This ligament is the main structure responsible for restricting lateralization of the patella³, accounting for 60% of total restraint⁴. The integrity of the MPFL is compromised since the very first episode of subluxation. Repair is very poor, and only rarely will the ligament recover full function. MPFL reconstruction is a valuable technique in cases of recurrent subluxation. Since it was first described in 1992¹⁸, over 100 techniques for this procedure have been reported in the literature⁵⁻⁹.

The incidence of first-time (primary) patellar dislocation is 5.8 per 100,000, increasing to 29 per 100,000 among children in the 10-to-17-year age group. The recurrence rate ranges from 15% to 44% after non-operative treatment. If the patient has a subsequent patellar subluxation after the primary episode, there is a 50% of recurrence¹⁰.

In over half of patients, primary patellar dislocation, which is treated non-operatively, will lead to patellofemoral instability, recurrent subluxation, pain in the anterior aspect of the knee, and even patellofemoral osteoarthritis. The natural history of non-operative treatment of patellar subluxation involves recurrent dislocation in 1 out of 6 cases and residual symptoms in 2 out of 6, with the 3 remaining patients following an asymptomatic course¹¹.

Treatment of patellar instability is similar to that of acute subluxation, that is, non-operative at first and surgical if this approach fails. The available methods for repair may be classified into proximal realignment, distal realignment, proximal and distal realignment, lateral retinacular release, and medial retinacular imbrication^{12,13}.

The patellar and quadriceps tendons provide a strong posterior force vector during flexion of the knee, thus increasing stability during this motion³. Therefore, surgical procedures that use these structures for MPFL reconstruction¹⁴⁻¹⁷ actually carry the risk of aggravating patellar instability in the event of reconstructive failure, leading to a further decline in the patient's condition, whereas techniques employing structures that do not play a primary role in patellofemoral stability¹⁸⁻²⁰⁻³¹ should be comparatively safer. Therefore, this experiment compared preoperative and post-simulated failure patellofemoral instability in cadavers subjected to these procedures.

Should there be any differences between reconstruction techniques after simulated failure, we would then be able to indicate which technique provides the greatest safety (in terms of stability) in the event of rupture.

The purpose of this study was to assess, using a paired experimental design, patellar stability outcomes after simulated failure of medial patellofemoral ligament reconstruction with the four graft techniques most widely used for this procedure. The study hypothesis was that reconstruction techniques which employ structures from the extensor apparatus are associated with poorer stability outcomes in the event of reconstruction failure. This same hypothesis could have been tested with

flexor or adductor magnus tendon grafts. However, as irregular size and consistency have been reported with the latter in previous studies, we chose to use semitendinosus grafts alone as the comparator^{31,32}.

Material and Methods

Sample size was calculated for a statistical power of 80%, a significance level of 5%, a 100% likelihood of preserved patellar stability after simulated failure of patellar reconstruction with a semitendinosus graft, and a 100% likelihood of decreased patellar stability after simulated failure of patellar reconstruction with a a patellar tendon or quadriceps tendon (central or medial third) graft. The minimum sample size was calculated as four specimens (knees) per technique, for a total of eight cadavers.

Our criteria for defining outcomes as successful or unsuccessful were based on comparison between the traction loads used before the surgical procedure (immediately after release of the MPFL) and after simulated failure of the procedure. The outcome was considered unsuccessful when the load measured after simulated repair failure was less than the load measured immediately after MPFL release, and successful when the load measured after simulated failure remained the same as shortly after MPFL release.

Between March 2011 and March 2012, eight male cadavers meeting the following criteria were obtained from the Porto Alegre office of the medical examiner:

Inclusion criteria:

-Age 15 to 50 years at the time of death, no more than 18 hours elapsed since death (rigor mortis), and intact knees (good flexion, extension, and resistance to maneuvers for assessment of patellar subluxation).

Exclusion criteria:

-Signs suggestive of prior ligament injury, knee surgery, or recurrent patellar dislocation; clinical history of ligamentous laxity.

The next of kin of selected cadavers provided informed consent for their use in the study. Sixteen knees from eight cadavers were selected. These were then randomly allocated (by envelope randomization after a computer-generated drawing) across four groups:

- Group I. Semitendinosus tendon graft technique (n=4);
- Group II. Patellar ligament graft technique (n=4);
- Group III. Medial quadriceps tendon graft technique (n=4);
- Group IV. Central quadriceps tendon graft technique (n=4).

All knees were inspected (to detect a potential history of knee surgery or knee trauma, including ligament injury) and subjected to joint

stability tests, to ensure that the knee joint was free of pathological conditions such as decreased range of motion, patellar laxity (using the glide test and subluxation tests), and osteoarthritis (using the facet tenderness test).

Operative technique

All surgeries were performed by the same operator. In all knees, a parapatellar arthrotomy was performed and the experiment was conducted. The experiment consisted of objective assessment of patellar stability by means of a small double hook attached to the medial border of the patella and to a length of thin steel cable. On the end of this steel wire, a container was hung and then gradually filled with water (Figure 1). This simple method assessed the ability of the extensor apparatus to withstand lateral traction until lateral subluxation of the patella occurred.

Only one graft technique was used in each knee, which served as its own before-and-after control for the technique employed, providing paired sample data for later analysis.

In group I (semitendinosus), a longitudinal incision (mean length 20 cm) was made on the skin overlying the anterior aspect of the knee and medial parapatellar arthrotomy was performed with concomitant division of the medial patellofemoral ligament (MPFL). To determine the upper limit of the arthrotomy, the overall length of the patella was measured with calipers and a medial paratendinous incision was fashioned from the

quadriceps to the boundary of this measurement (Figures 2A and 2B). The arthrotomy was then extended from the upper pole of the patella to the attachment of the patellar ligament at the tibial tuberosity. The knee was flexed 30° and the lateral traction system was installed. This system consisted of a metal arm, attached to the dissection table and with a pulley at the free end, and a 5 mm-thick steel cable, which ran through the pulley and had at one end, a double hook attached to the medial border of the patella and at the other, a plain hook from which a 10L bucket was hung. With the aid of a measuring cup, the bucket was gradually filled with water until subluxation of the patella occurred (Figure 3). The content of the bucket was immediately weighed on a precision balance and the mean, in grams, between the fluid volume poured from the measuring cup and the mass measured on the balance was calculated to determine the force required to induce lateral patellar subluxation. Data collection was followed by stage two of the experiment, also in group I, in which MPFL reconstruction was performed with a free semitendinosus tendon graft.

The semitendinosus tendon was removed as a free graft with the aid of an extractor. The patella was drilled through its medial third with a 2.7-mm bit, medial to lateral, and the first 10 mm of the resulting tunnel at the medial side were widened with a 3.2-mm bur. Sutures were placed onto one of the free ends of the tendon, which was then threaded through the widened portion of the patellar tunnel, medial to lateral, and sutured in place over the lateral retinaculum. The graft was threaded under an osteoperiosteal tunnel fashioned at the femoral attachment of the adductor magnus tendon and sutured onto itself¹⁹.

After reconstruction was completed, the graft was bisected, to simulate failure, and the lateral traction apparatus was used again to measure the force required to induce lateral subluxation of the patella (Figures 4A). As before, the volume of fluid in mL was measured with a measuring cup and its mass (in g) on a precision balance. This procedure provided an exact dimension of the difference in force required to induce dislocation before and after reconstruction.

In group II (patellar ligament), the procedure was the same as in group I through attachment of the lateral traction system, experimental subluxation of the patella, and data collection, including the same sequence of medial structure release. The second stage of the experiment, however, consisted of measurement of the width of the patellar ligament at its exact point of attachment to the lower pole of the patella, with the aid of calipers. This measurement was then divided in three and a longitudinal graft was harvested from the medial third of the tendon (mean length, 11 cm). The graft was released from the tibial tuberosity and part of the patellar periosteum was left on for added length, with the attachment at the upper pole of the patella left intact. The free end of the graft was then attached to the medial epicondyle of the femur to complete MPFL reconstruction (15). The graft was then immediately bisected at the middle third to simulate reconstruction failure, as in group I. Again, the lateral traction apparatus was used as described above, to provide an exact dimension of the difference in force required to induce dislocation before and after reconstruction (Figures 5A and 5B).

In group III (medial quadriceps tendon graft), the procedure was the same as in groups I and II through attachment of the lateral traction

system, experimental subluxation of the patella, and data collection, including the same sequence of medial structure release. The second stage of the experiment, however, consisted of measurement of the width of the quadriceps tendon at its exact point of attachment to the upper pole of the patella, with the aid of calipers. This measurement was divided in three and a longitudinal graft was harvested from the medial third of the tendon (mean length, 13 cm), with the attachment at the upper pole of the patella left intact. The free end of the graft was then attached to the medial epicondyle of the femur to complete MPFL reconstruction (16). The graft was then immediately bisected at the middle third to simulate reconstruction failure, as in groups I and II. Again, the lateral traction apparatus was used as described above (Figures 6A, 6B, and 6C), to provide an exact dimension of the difference in force required to induce dislocation before and after reconstruction.

In group IV (central quadriceps tendon graft), procedure was the same as in groups I and II through attachment of the lateral traction system, experimental subluxation of the patella, and data collection, including the same sequence of medial structure release. The second stage of the experiment consisted of measurement of the width of the quadriceps tendon at its exact point of attachment to the upper pole of the patella, with the aid of calipers, as in group III. This measurement was divided in three and a longitudinal graft was harvested from the central third of the tendon (mean length, 14 cm), with the attachment at the upper pole of the patella left intact. The free end of the graft was then attached to the medial epicondyle of the femur to complete MPFL reconstruction (14). The graft was then immediately bisected at the

middle third to simulate reconstruction failure, as in the other groups. Again, the lateral traction apparatus was used as described above (Figures 7A, 7B, and 7C) to provide an exact dimension of the difference in force required to induce dislocation before and after reconstruction.

Outcome Measures

Knees were assessed on the same day, before and after the experiment. The force required to induce lateral patellar subluxation was measured before and after experimental induction of MPFL reconstruction failure in each of the graft technique groups. The mass of water required to induce lateral patellar subluxation was measured using a measuring cup and a precision balance.

Statistical analysis

Power analysis was carried out under the assumption that a maximum difference of 10% in force required for subluxation before vs. after reconstruction failure would be clinically significant.

Data were expressed as absolute and relative frequencies for between-group comparison. Analyses were carried out in SPSS 18.0 and the significance level and statistical power were set at 5% and 80% respectively. The Shapiro-Wilk test confirmed that the data were normally

distributed, and analysis of variance (ANOVA) was carried out for between-group comparisons.

Results

Eight cadavers were randomly distributed, by computer-based envelope randomization, into four groups of two cadavers each (four knees per group). Group I consisted of knees in which MPFL reconstruction was performed using the free semitendinosus tendon graft technique. Group II consisted of knees in which MPFL reconstruction was performed using the medial patellar tendon graft technique. Group III consisted of knees in which MPFL reconstruction was performed using the medial quadriceps tendon graft technique. Finally, Group IV consisted of knees in which MPFL reconstruction was performed using the central quadriceps tendon graft technique.

In group I, the mean force required to induce lateral patellar subluxation was 4.541 kgf (45.5 N) in the first stage of the experiment—before MPFL reconstruction—and 4.517 kgf (45.5 N) in the second stage of the experiment, i.e., after reconstruction and section of the ligament. Therefore, in group I, after induced failure of the reconstructed MPFL, the force required to dislocate the patella laterally was equivalent, on average, to 99.45% of the force required to induce subluxation before MPFL reconstruction.

In group II, the mean force required to induce lateral patellar subluxation was 3.768 kgf (37.6 N) in the first stage of the experiment, i.e., before MPFL reconstruction, and 2.506 kgf (25 N) after reconstruction and section of the ligament. Therefore, in group II, after induced failure of the reconstructed MPFL, the force required to dislocate the patella laterally was equivalent, on average, to 66.50% of the force required to induce subluxation before MPFL reconstruction.

In group III, the mean force required to induce lateral patellar subluxation was 4.319 kgf (43 N) in the first stage of the experiment, i.e., before MPFL reconstruction, and 1.216 kgf (12 N) after reconstruction and section of the ligament. Therefore, in group III, after induced failure of the reconstructed MPFL, the force required to dislocate the patella laterally was equivalent, on average, to 28.15% of the force required to induce subluxation before MPFL reconstruction.

In group IV, the mean force required to induce lateral patellar subluxation was 3.888 kgf (38 N) in the first stage of the experiment, i.e., before MPFL reconstruction, and 3.307 kgf (33 N) after reconstruction and section of the ligament. Therefore, in group II, after induced failure of the reconstructed MPFL, the force required to dislocate the patella laterally was equivalent, on average, to 85.05% of the force required to induce subluxation before MPFL reconstruction.

In this paired experimental study, we found that differences exist between the various grafts used for MPFL reconstruction with respect to patellar stability in case of reconstructive failure. Comparison between groups I (semitendinosus graft) and II (patellar tendon graft) showed a

substantial difference between the two techniques: the force required to induce subluxation after experimentally simulated reconstruction failure was 99.45% of the pre-failure force in group I and 66.5% of the pre-failure force in group II, that is, the force required for subluxation was 35% less in group II. On post-hoc analysis, this difference between groups I (semitendinosus) and II (patellar tendon) was significant ($p=0.028$).

Comparison between groups I (semitendinosus) and III (medial quadriceps tendon graft) also showed a difference between these two techniques: the force required to induce subluxation after experimentally simulated reconstruction failure was 99.45% of the pre-failure force in group I, as mentioned above, and 28.16% of the pre-failure force in group III, that is, the force required to induce subluxation was 72% less in group III. On post-hoc analysis, this difference between groups I (semitendinosus) and III (medial quadriceps tendon) was significant ($p<0.001$).

Comparison between groups I (semitendinosus graft) and IV (central quadriceps tendon graft) again showed a difference between these two techniques: the force required to induce subluxation after experimentally simulated reconstruction failure was 99.45% of the pre-failure force in group I, as mentioned above, and 85.05% of the pre-failure force in group IV, that is, the force required to induce subluxation was 15% less in group III. On post-hoc analysis, this difference between groups I (semitendinosus) and IV (central quadriceps tendon) was not significant ($p>0.999$).

In short, statistical analysis showed significant differences between groups I and II and between groups I and III ($p < 0.05$). Although there was a difference between groups I and IV, it did not reach statistical significance (Figure I).

Discussion

Patellar subluxation is characterized by a breakdown in the stability of the patella between the femoral condyles. The medial patellofemoral ligament (MPFL) connects the medial femoral condyle and the medial border of the patella. This ligament is the main structure responsible for restricting lateralization of the patella³. Its integrity is compromised from the very first episode of subluxation, and only rarely can it be restored to full function. MPFL reconstruction is invaluable in cases of recurrent subluxation, but some of the techniques used for reconstruction may affect stabilizing factors, and there have been few reports of complications in the event of failed reconstruction, even though a multitude of studies have been published on MPFL reconstruction techniques and their outcomes^{5,14,15,16,18,19,20,22,23,24}. Other authors have reported potential causes of treatment failure^{14,15,16,29,30}. However, there have been no studies of the outcomes of different reconstruction techniques in case of failure. The patellar and quadriceps tendons provide a strong posterior force vector during flexion of the knee, thus increasing stability during this motion³. Therefore, surgical procedures that use these structures for MPFL reconstruction¹⁴⁻¹⁷ actually carry the risk of

aggravating patellar instability in the event of reconstructive failure, leading to a further decline in the patient's condition. Conversely, graft techniques that use structures not primarily associated with patellofemoral stability¹⁸⁻²⁰ should be safer.

In this study, there were differences in post-reconstruction failure patellar instability between the group in which reconstruction was performed with the semitendinosus tendon graft and groups in which reconstruction was performed with the patellar or quadriceps tendon. This difference was significant ($p < 0.05$) between the semitendinosus group and the patellar tendon group and between the semitendinosus group and the medial quadriceps tendon group.

Some authors¹⁴ have only reported complications associated with surgical technique, such as avulsion of the quadriceps tendon insertion at the upper pole of the patella. Noyes and Albright¹⁵ note rotational disturbances as potential sources of failure after MPFL reconstruction and distal realignment. On the other hand, Feller et al²⁹ stress the risk of patellofemoral joint overload leading to degeneration if reconstruction is overly tight or not isometric. Our review of the literature failed to find any previous studies assessing the force required to induce patellar subluxation after failure of reconstruction.

Conclusion

We conclude that, in the cadaver knee, the four different graft techniques most often used for medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction result in different degrees of residual instability in case of reconstruction failure. Furthermore, we conclude that the free semitendinosus graft technique poses the lowest risk in case of reconstruction failure, as it was not associated with any difference in the force required to induce lateral patellar subluxation before and after simulated reconstruction failure.

References

1 - David Ip. Orthopedic Traumatology – A Resident’s Guide Second Edition. 2006, 411-413.

2 - Jackson, Douglas W. Master Techniques in Orthopaedic Surgery: Reconstructive Knee Surgery. 3rd Edition, 2008 Lippincott Williams & Wilkins

3 - A.A.Amis, P.Firer, J.Mountney, W.Senavongse, N.P.Thomas. Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. The Knee 10 (2003) 215–220.

4 - Desio IDS, Burk RT, Bachus KN. Soft tissue restraint to lateral patellar translation in the human knee. Am J Sports Med 1998;26:59-65.

5 - Martin Lind, Bent W Jakobsen, Bent Lund, and Svend Erik Christiansen. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for treatment of patellar instability. *Acta Orthopaedica* 2008; 79 (3): 354–360

6 - Aichroth PM, Al-Duri Z. Dislocation and subluxation of the patella: an overview. In: Aichroth PM, Al-Duri Z, editors. *Knee surgery*. Deutscher Arzte-Verlag Koln: Martin Dunitz Ltd, 1992:354]379.

7 - Dandy DJ. *Arthroscopic management of the knee*, second edition. New York: Churchill Livingstone, 1987.

8 - Hughston JC, Walsh WM, Puddu G. *Patellar subluxation and dislocation*. Philadelphia: WB Saunders Company, 1984.

9 - Hughston JC, Deese M. Medial subluxation of the patella as a complication of lateral retinacular release. *Am J Sports Med* 1988;16:383-388

10 - Alexis Chiang Colvin and Robin V. West. Patellar Instability. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90:2751-2762.

11 - McManus F, Rang M, Heslin D J. Acute dislocation of the patella in children. The natural history. *Clin Res* 1979; (139): 88-91.

12 - Barney L, Freeman I. Recurrent dislocation. In: *Campbell's Operative Orthopaedics*. Seventh edition, Mosby, Philadelphia 1987 ; 52 : pp 2173-2184.

13 - Insall JN. Disorders of the patella. In : Insall JN (ed). *Surgery of the Knee*. Churchill Livingstone, New York, 1984, pp 191-260.

14 - Robert N. Steensen, M.D., Ryan M. Dopirak, M.D., and Peter B. Maurus, M.D. A Simple Technique for Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament Using a Quadriceps Tendon Graft. *Arthroscopy*, Vol 21, No 3 (March), 2005: pp 365-370

15 - Frank R. Noyes, M.D., and Jay C. Albright, M.D. Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament With Autologous Quadriceps Tendon. *Arthroscopy*, Vol 22, No 8 (August), 2006: pp 904.e1-904.e7

16 - Gilberto Luis Camanho, M.D., Alexandre C. Bitar, M.D., Arnaldo J. Hernandez, M.D., and Rogério Olivi. Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Novel Technique Using the Patellar Ligament. *Arthroscopy*, Vol 23, No 1 (January), 2007: pp 108.e1-108.e4

17 - Robert A. Teitge and Roger Torga Spak. Lateral Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy*, vol 20, No 9 (November), 2004: pp 998-1002

18 - Ellera Gomes JL. Medial patellofemoral reconstruction for recurrent dislocation of the patella: A preliminary report. *Arthroscopy* 1992;8:335-340.

19 - Ellera Gomes JL, Stigler Marczyk LR, César de César P, Jungblut CF. Medial patellofemoral ligament reconstruction with semitendinosus autograft for chronic patellar instability: A follow up study. *Arthroscopy* 2004;20:147-151.

20 - Svend Erik Christiansen, M.D., Bent W. Jacobsen, M.D., Bent Lund, M.D., and Martin Lind, M.D., Ph.D. Reconstruction of the Medial

Patellofemoral Ligament With Gracilis Tendon Autograft in Transverse Patellar Drill Holes. *Arthroscopy*, Vol 24, No 1 (January), 2008: pp 82-87

21 - Ellera Gomes JL, Marczyk LR, Ruthner RP. Arthroscopic exposure of the patellar articular surface. *Arthroscopy* 2001; 17:98-100.

22 - Elizabeth A. Arendt, MDa, Donald C. Fithian, MD Emile Cohen, MD. Current concepts of lateral patella dislocation *Clin Sports Med* 21 (2002) 499–519

23 - Martin Lind; Bent W. Jakobsen; Bent Lund; Svend Erik Christiansen. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for treatment of patellar instability. *Acta Orthopaedica* 2008; 79 (3): 354–360

24 - Alexander B. LeGrand,MD, Patrick E. Greis,MD, Ryan E. Dobbs,MD, and Robert T. Burks,MD. MPFL Reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev* _ Volume 15, Number 2, June 2007

25 - Jesse C. DeLee; David Drez Jr. DeLee and Drez's Orthopaedic Sports Medicine, 2nd ed, 2003. pp:1588-1592. Saunders

26 - Mark Dutton, PT. Orthopaedic Examination, Evaluation, & Intervention. 2004. McGraw-Hill

27 - Canale. S. Campbell's Operative Orthopaedics, 11 ed.,Ed. Mosby.

28 - J.J. Mason, F. Leszko, T. Johnson, R.D. Komistek. Patellofemoral joint forces. *Journal of Biomechanics* 41 (2008) 2337–2348.

29 – J.A. Feller, M.B.B.S., F.R.A.C.S., A.A. Amis, J.T. Andrish, E.A. Arendt, P.J. Erasmus, C.M. Powers,. Surgical Biomechanics of the Patellofemoral Joint. *Arthroscopy* 2007;23;542-553.

30- M Bolier, J Fulkerson, A Cosgarea, M Tanaka. Technical Failure of Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 2011; 27;1153-1159.

31- M Jacobi, N Reischl, M Bergmann, et al. Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament Using the Adductor Magnus Tendon: An Anatomic Study. *Arthroscopy* 2012: 28;105-109.

32- J E Gomes. Comparison between a static and dynamic technique for Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 2008;24;430-435.

FIGURE 1.

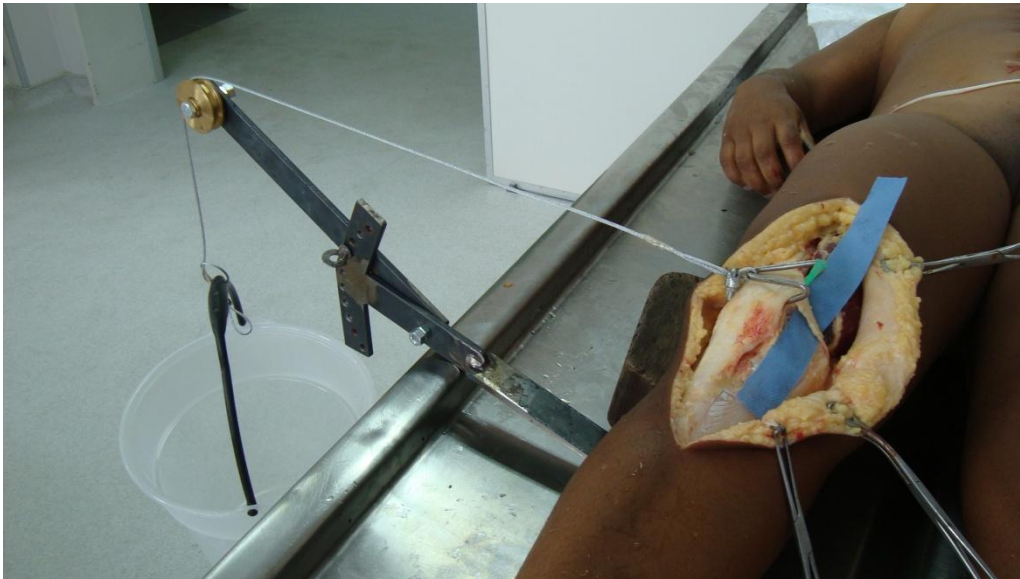


Figure 1. Apparatus used to induce experimental lateral subluxation of the patella. The knee was flexed 30°, a double hook attached to a steel cable was fixed to the medial border of the patella, and a bucket was hung from the free end of the cable and gradually weighted until lateral subluxation occurred.

FIGURES 2A, 2B .

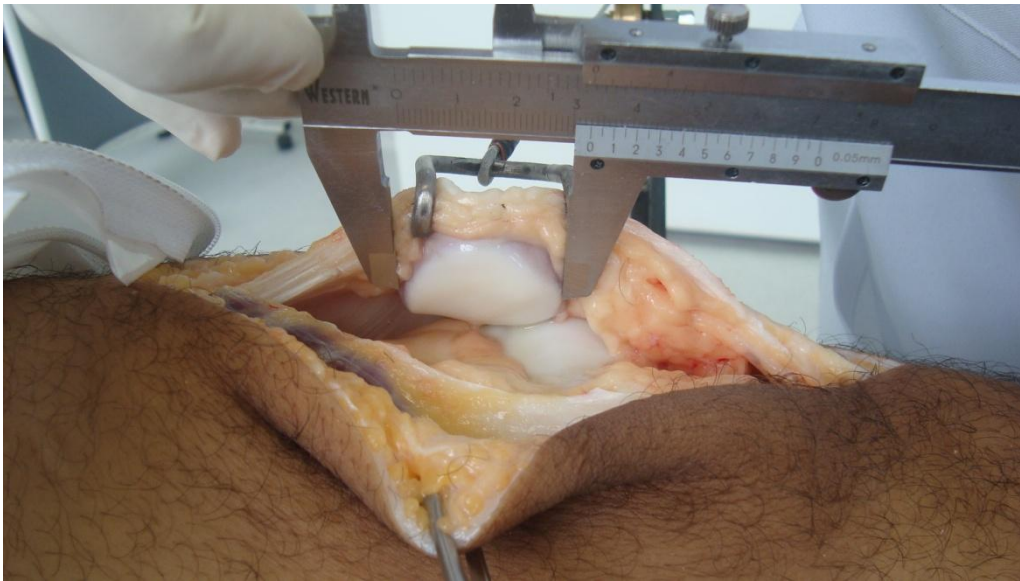


Figure 2A. Measurement of the length of the patella to determine the upper limit of arthrotomy.



Figure 2B. Use of the patellar length measurement as a landmark for the upper limit of arthrotomy.

FIGURE 3

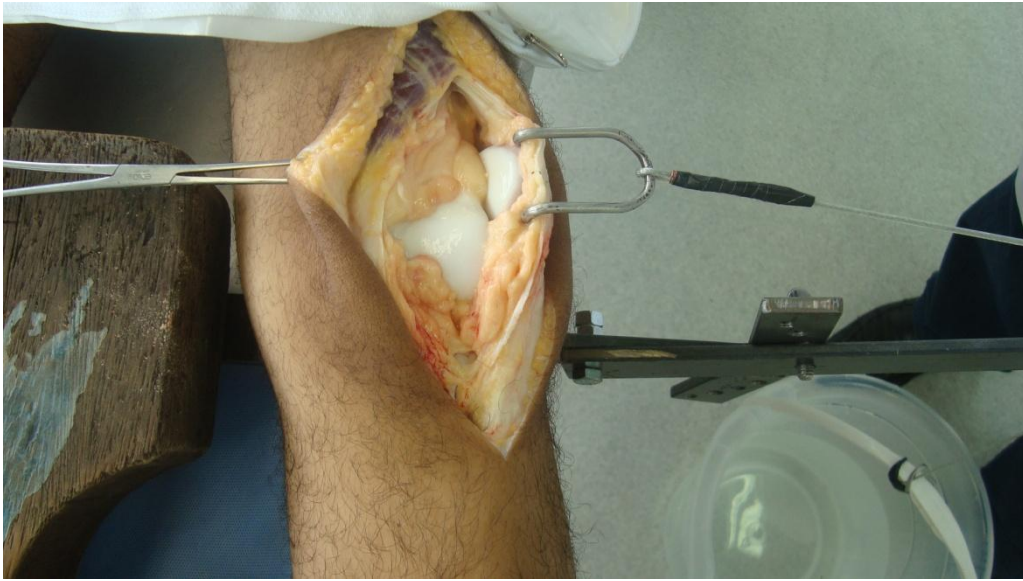


Figure 3. Experimental subluxation of the patella with the lateral traction apparatus.

FIGURES 4

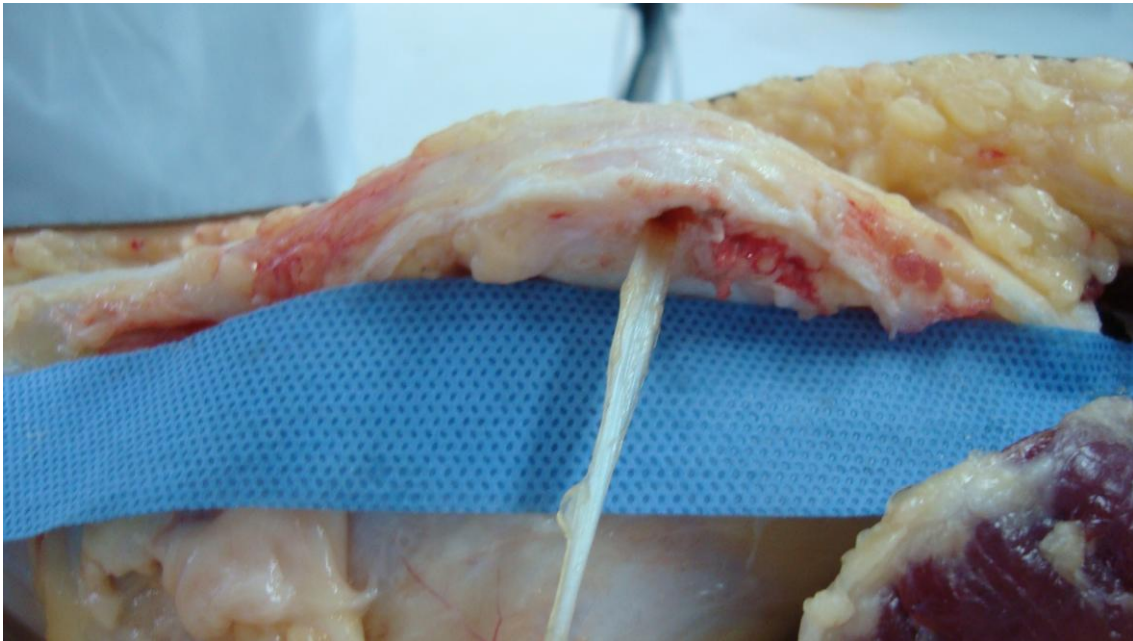


Figure 4: MPFL reconstruction with semitendinosus.

FIGURES 5A, 5B



Figure 5A. After experimental subluxation, the medial patellofemoral ligament is reconstructed (example image showing a patellar tendon graft).



Figure 5B. The patella is tested for instability after simulated failure of medial patellofemoral ligament reconstruction with a patellar tendon graft.

FIGURES 6A, 6B AND 6C

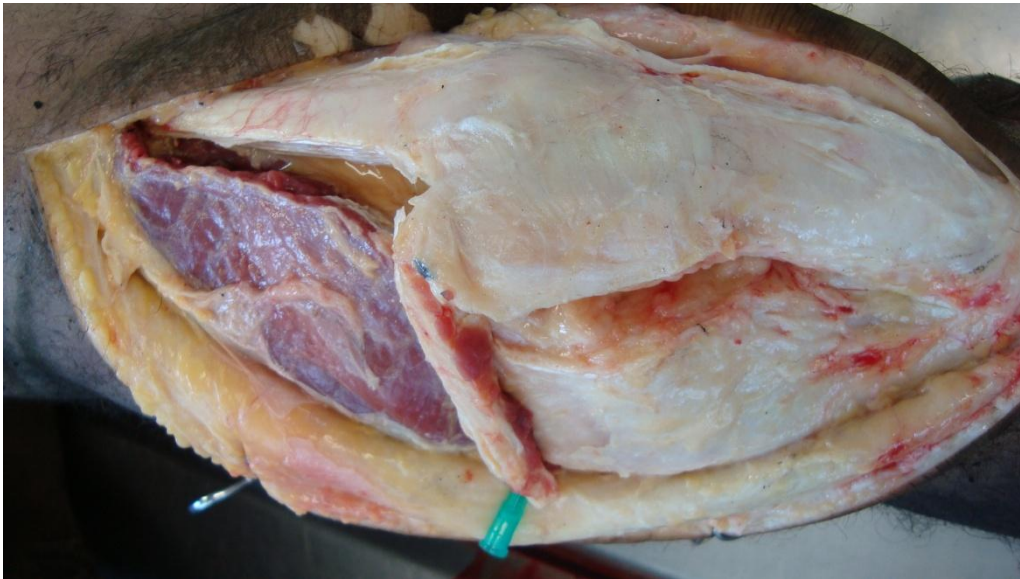


Figure 6A. Medial patellofemoral ligament reconstruction with a medial quadriceps tendon graft.

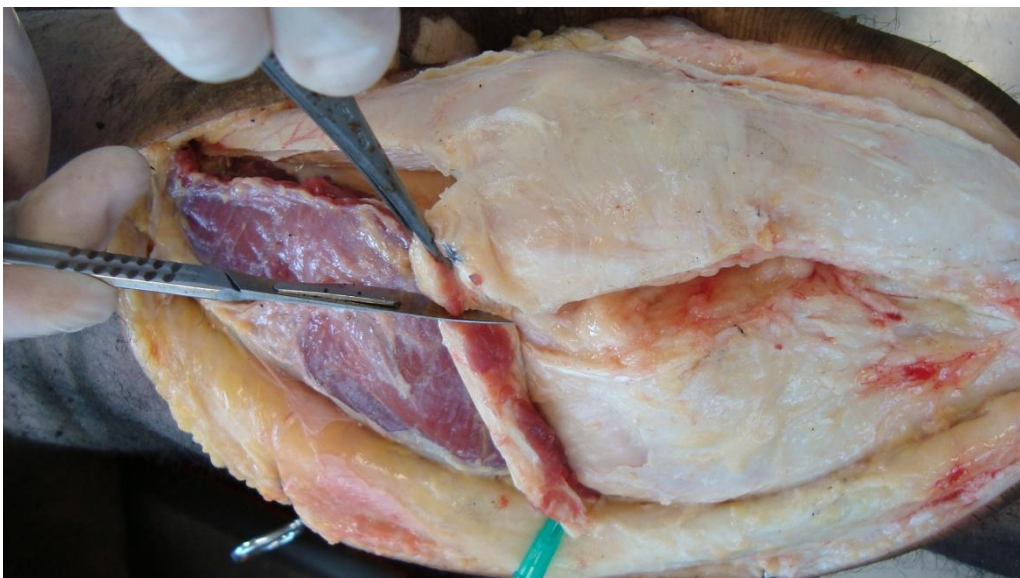


Figure 6B. Simulated failure of medial patellofemoral ligament reconstruction.

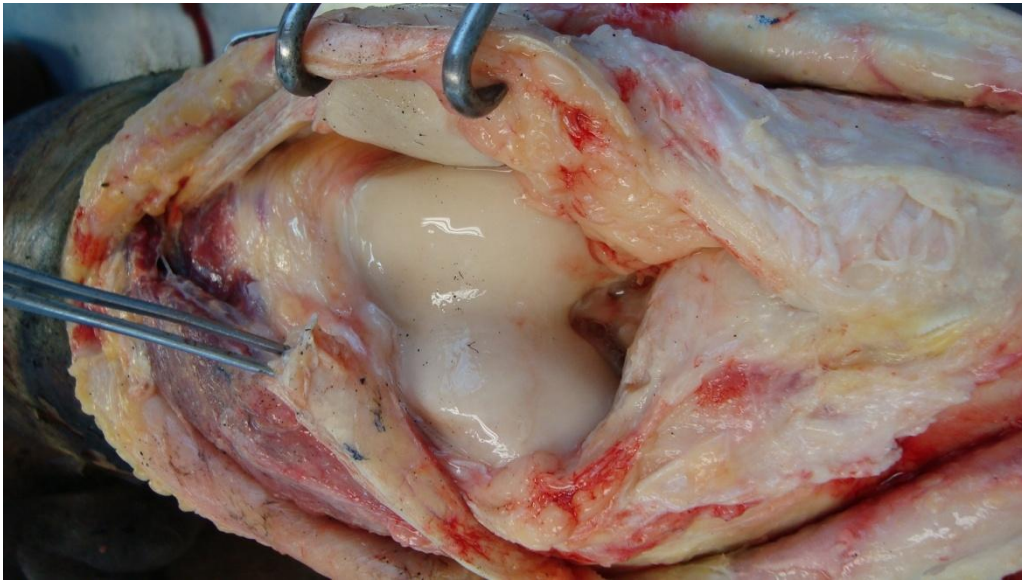


Figure 6C. Experimentally induced lateral subluxation of the patella after simulated failure of medial patellofemoral ligament reconstruction (in the example image, reconstruction was performed with a medial quadriceps tendon graft).

FIGURES 7A,7B AND 7C

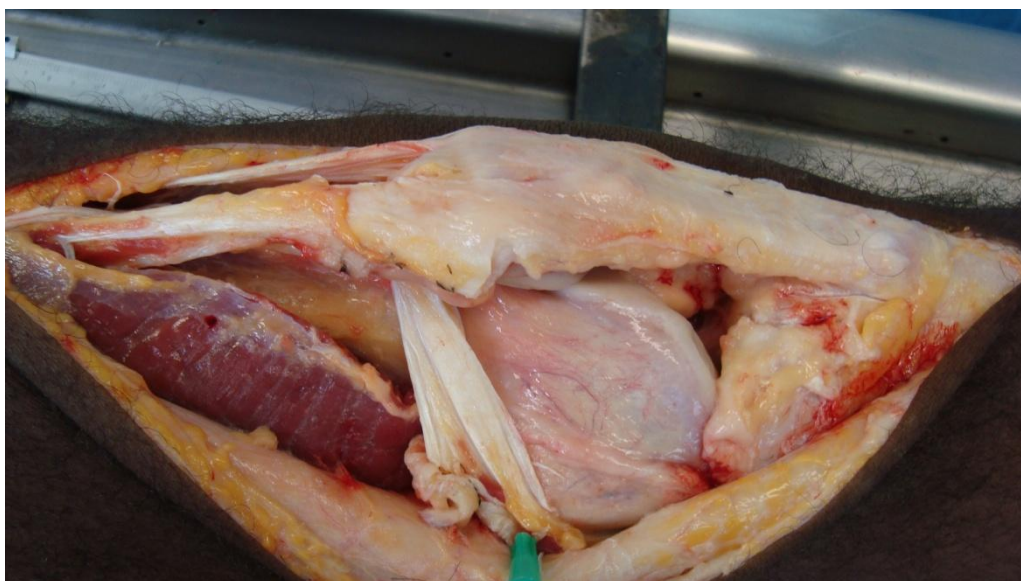


Figure 7A. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament with a central quadriceps tendon graft.

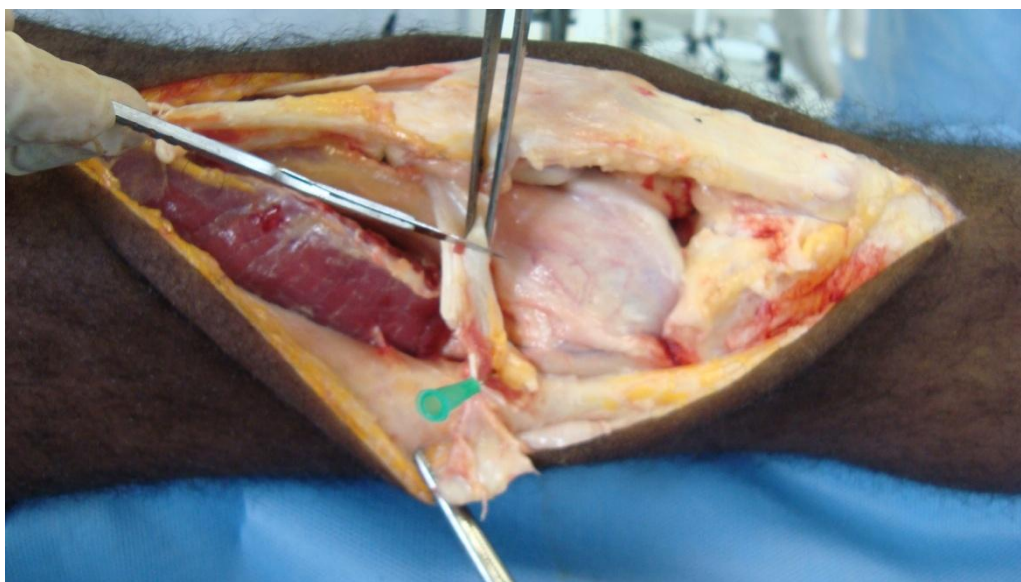


Figure 7B. Simulated failure of medial patellofemoral ligament reconstruction with a central quadriceps tendon graft.

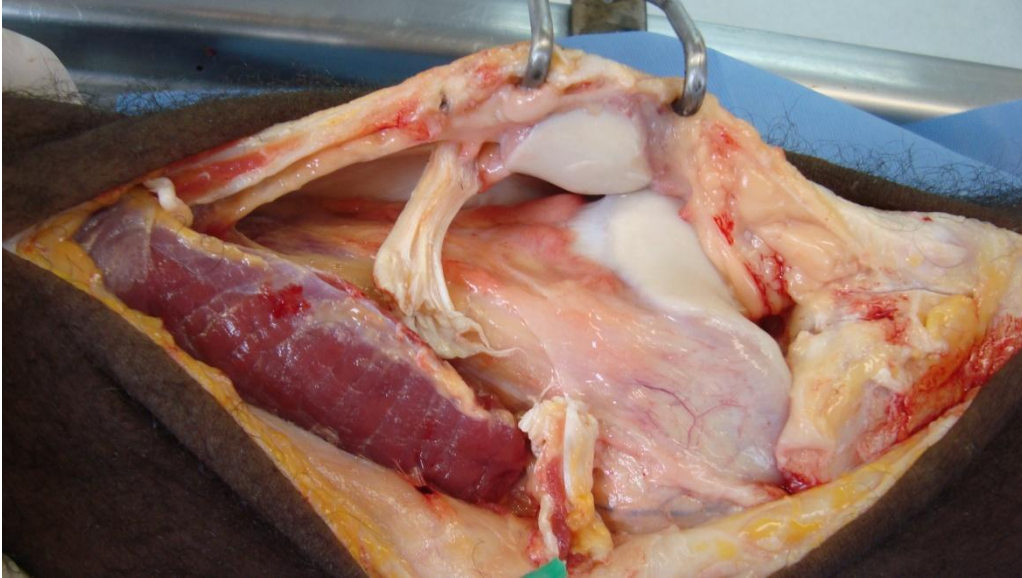
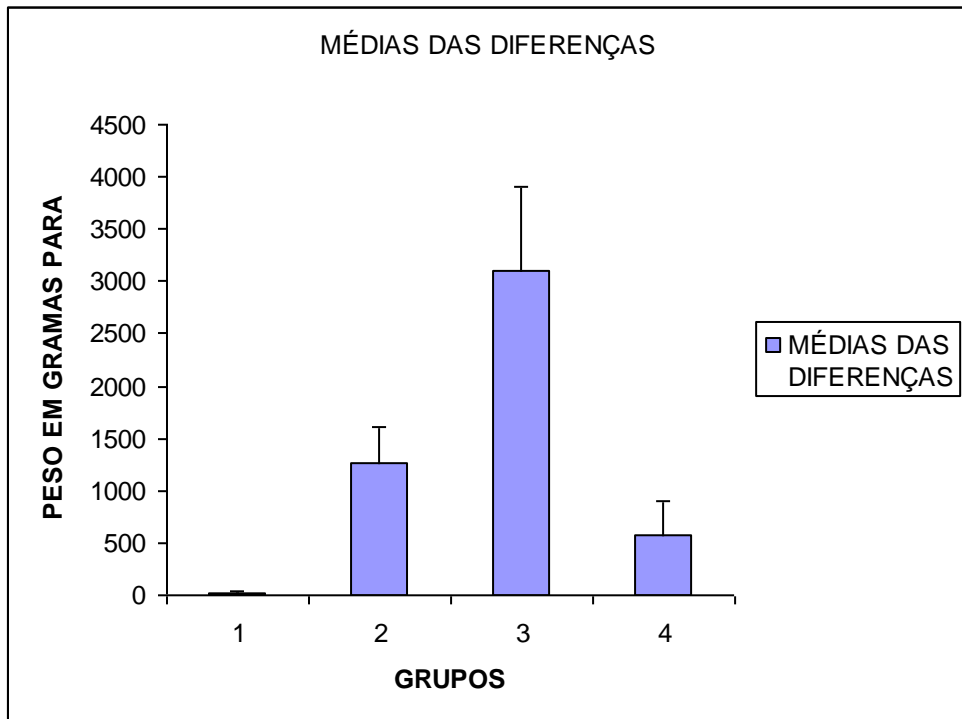


Figure 7C. The patella is tested for instability after simulated failure of medial patellofemoral ligament reconstruction.

GRAFIC I



Mean difference

Subluxation force (kgf)

Groups

Chart I

Mean differences and standard deviations between the force required to induce lateral subluxation of the patella before and after simulated failure medial patellofemoral ligament reconstruction in the four study groups.

9. ARTIGO EM PORTUGUÊS

Título:

Instabilidade residual após a falha de reconstrução do ligamento femoropatelar, com quatro tipos de enxertos diferentes: um estudo comparativo de cadáver

Primeiro autor:

Geraldo Luiz Schuck de Freitas MD

Co-autores:

João Luiz Ellera Gomes PhD

Carlos Coradini Abdala MD

filiação:

Escola de Medicina-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brasil

Estudo comparativo da instabilidade residual após falha na reconstrução do ligamento patelo-femoral com uso de quatro diferentes enxertos em cadáveres

Objetivos: Verificar se existe diferença na instabilidade resultante após provocação cirúrgica de falha da reconstrução do ligamento Patelo-femoral Medial (LPFM) em joelhos de cadáver, nos quatro enxertos mais utilizados neste procedimento, e se o uso de algum destes enxertos oferece menor risco em caso de falha. **Método:** De Março de 2011 a Março de 2012, oito cadáveres, obtido junto ao Instituto médico legal, foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, com quatro joelhos em cada. Cada grupo foi submetido a uma técnica utilizando um enxerto diferente para reconstrução do LPFM. Foram obtidas medidas de força necessária para produzir uma luxação lateral da patela, antes da reconstrução e depois de produzida cirurgicamente uma falha desta reconstrução. Então foi realizada uma comparação entre as técnicas para avaliar qual delas apresentava menor grau de instabilidade após uma possível falha da técnica de reconstrução. **Resultados:** Nas amostras em que foram produzidas as falhas após a reconstrução com o enxerto livre do tendão do Semi-Tendíneo apresentaram a necessidade de uma força, em média, 0,3% menor do que a força necessária para produzir a luxação antes da reconstrução. Nas amostras em que foram produzidas as falhas após a reconstrução com o terço medial do tendão patelar apresentaram

a necessidade de uma força, em média, 35,1% menor do que a força necessária para produzir a luxação antes da reconstrução. Nas amostras em que foram produzidas as falhas após a reconstrução com o terço medial do tendão do Quadriceps apresentaram a necessidade de uma força, em média, 79,5% menor do que a força necessária para produzir a luxação antes da reconstrução. Nas amostras em que foram produzidas as falhas após a reconstrução com o terço central do tendão do Quadriceps apresentaram a necessidade de uma força, em média, 10,59% menor do que a força necessária para produzir a luxação antes da reconstrução.

Conclusões: Houve diferença na instabilidade residual após falha simulada da reconstrução do LPFM entre os diferentes enxertos utilizados. A técnica que utilizou o enxerto livre o tendão do Semi-Tendíneo apresentou menor risco de instabilidade residual em caso de falha da reconstrução.

Introdução

O joelho é parte de uma cadeia cinemática complexa, onde muitos dos movimentos do nosso corpo necessitam que articulação realize sua função adequadamente ¹. Dentro da biomecânica do membro inferior, a articulação patelo-femoral é chave para a boa movimentação do joelho.

A luxação patelar se caracteriza por uma falha na manutenção da estabilidade da patela entre os côndilos femorais. Luxações podem

ocorrer devido a torções quando o corpo do paciente gira enquanto o pé permanece fixo no chão. Menos comumente, um trauma direto na região medial da patela pode lateralizá-la a ponto de produzir uma luxação. Deslocamentos mediais são raros em pacientes que não realizaram procedimento de release retinacular lateral previamente ².

O ligamento patelo-femoral medial (LPFM) é uma banda retinacular de tecido fibroso organizado que conecta o côndilo femoral medial à borda medial da patela. Este ligamento é conhecido por ser o principal restritor da lateralização da patela ³, contribuindo para 60% do total de força de restrição⁴. Este ligamento é corrompido desde a primeira luxação. Seu processo de cura é muito precário. Raramente, retorna a sua função completa. A reconstrução do LPFM é de grande valia em casos de luxação recidivante, já tendo sido descritos mais de 100 tipos de procedimentos na literatura ⁵⁻⁹, após a primeira descrição deste tipo de procedimento em 1992¹⁸.

A incidência da primeira luxação patelar é de 5.8 por 100.000, aumentando para 29 por 100.000 em crianças de 10 a 17 anos. A taxa de recorrência varia de 15% a 44% depois de tratar conservadoramente. Se o paciente sofre uma nova luxação patelar, há 50% de chance de ocorrer um novo episódio ¹⁰.

Em mais da metade dos pacientes, a primeira luxação da patela, que é tratada conservadoramente, levará a problemas de instabilidade patelo-femoral, luxações recorrentes, dor na região anterior do joelho e, até mesmo, a osteoartrose femoro-patelar. A história natural do tratamento conservador para a luxação patelar envolve reluxação de 1 em 6 casos,

sintomas residuais em 2 de 6 casos, sendo que os outros 3 casos serão assintomáticos ¹¹.

O tratamento da instabilidade patelar assemelha-se ao da luxação aguda sendo inicialmente conservador e, em caso de falha, cirúrgico. Os métodos podem ser classificados como realinhamento proximal, realinhamento distal, realinhamento proximal e distal, release lateral do retináculo e plicatura do retináculo medial ^{12,13}.

Os tendões patelar e quadricipital provêm um forte vetor de força posterior durante a flexão do joelho, contribuindo para aumentar a estabilidade na flexão do joelho ³. Desta forma, procedimentos cirúrgicos que utilizam essas duas estruturas para a reconstrução do LPFM ¹⁴⁻¹⁷ estão sob risco de, em caso de falha, agravar ainda mais a instabilidade patelar piorando a condição do paciente. Comparativamente, técnicas que utilizam estruturas não ligadas primariamente a estabilidade femoro-patelar ¹⁸⁻²⁰⁻³¹ seriam mais seguras. Assim, realizamos este experimento comparando a estabilidade patelo-femoral pré-cirúrgica e pós-falha simulada destes procedimentos.

Em caso de diferenças entre a estabilidade patelo-femoral após a falha simulada em cada uma das técnicas cirúrgicas de reconstrução, poderemos indicar qual delas é a que proporciona maior segurança em termos de estabilidade em caso de ruptura.

O propósito deste trabalho foi analisar, em um estudo experimental pareado, os resultados após falha simulada da reconstrução do Ligamento patelo-femoral medial utilizando os quatro diferentes enxertos mais utilizados. Nossa hipótese foi de que técnicas de reconstrução que

utilizam partes do aparelho extensor apresentariam pior resultado quanto à estabilidade após falha simulada de sua reconstrução, por outro lado poderíamos testar a mesma possibilidade com o enxerto dos tendões flexores ou adutor magnum. Como este último mostrou-se de tamanho e consistência irregular em outros estudos, optamos pela avaliação apenas com o tendão do Semi-Tendíneo^{31,32}.

Material e Métodos

O Cálculo do tamanho da amostra para obtermos um poder de estudo de 80%, considerando-se alfa de 5%, levando-se em conta a probabilidade de manutenção da estabilidade patelar em 100% dos casos após falha simulada do procedimento cirúrgico que utiliza o tendão do Semi-tendíneo e diminuição da estabilidade patelar em 100% dos casos após falha simulada dos procedimentos cirúrgicos que utilizam o tendão patelar, tendão do quadríceps, terço central e terço medial. Para tanto, serão necessárias 4 amostras (joelhos) por técnica, totalizando 8 cadáveres.

O critério de sucesso ou fracasso dos resultados baseia-se na comparação entre as cargas de tração utilizadas antes do procedimento cirúrgico (já com o ligamento patelo-femoral medial liberado) e depois da simulação de falha do procedimento cirúrgico. Foi caracterizado fracasso quando a carga medida após a falha simulada da cirurgia foi inferior do que a carga medida logo após a liberação do ligamento patelo-femoral

medial, e sucesso, quando esta carga após falha simulada da cirurgia permaneceu a mesma àquela medida após a liberação do ligamento.

Entre Março de 2011 e Março de 2012, foram selecionados junto ao Instituto Médico Legal (IML) de Porto Alegre, oito cadáveres do sexo masculino, obedecendo aos seguintes critérios:

Critérios de Inclusão:

-Cadáveres de pessoas com idade entre 15 e 50 anos com, no máximo, 18 horas de óbito (Rigidez cadavérica), com joelhos intactos, apresentando boa flexão, extensão e resistência a manobras para avaliar luxação patelar.

Critérios de Exclusão:

-Presença de sinais prévios de lesão ligamentar, cirurgia de joelho ou de sinais de luxação patelar recidivante prévia, e ainda história ou clínica de frouxidão ligamentar.

Os familiares dos cadáveres selecionados assinaram consentimento informado de participação no estudo. Foram selecionados 16 joelhos em oito cadáveres. Os mesmos foram distribuídos de forma randomizada (distribuição de envelopes após sorteio por computador) em 4 grupos:

- Grupo I. Técnica com enxerto do tendão do músculo Semitendinoso (n=4);
- Grupo II. Técnica com enxerto do Ligamento Patelar (n=4)

- Grupo III. Técnica com enxerto do tendão do músculo Quadríceps, terço medial (n=4).
- Grupo IV. Técnica com enxerto do tendão do músculo Quadríceps, terço central (n=4).

Todas as amostras foram submetidas à uma avaliação clínica quanto à estabilidade dos joelhos através de inspeção - a procura de possíveis cirurgias realizadas ou danos sofridos pelo joelho, como lesões ligamentares - e testes de estabilidade articular – para certificar que não exista patologias na articulação do joelho como diminuição da mobilidade, frouxidão da patela (usando-se o *Glide Test* e testes de subluxação), além de possíveis osteoartrites neste osso (usando-se o *Facet tenderness test*).

Técnica cirúrgica

Todas as cirurgias foram realizadas pelo mesmo cirurgião. Em todas as amostras foi realizada uma artrotomia para-patelar medial e em seguida realizado o experimento, que constou de uma avaliação objetiva de estabilidade através de pequeno gancho duplo que se fixava à borda medial da patela ligado a um fino cabo de aço, o qual tem na sua extremidade oposta um recipiente onde colocamos água gradualmente (Figura 1). Desta forma, avaliamos a capacidade do aparelho extensor a suportar esta tração lateral, até que ocorresse a luxação lateral da Patela.

Em cada joelho foi realizada apenas uma técnica, servindo como parâmetro antes e depois para a técnica utilizada, fornecendo então dados de amostras pareadas para a análise dos resultados.

No grupo I (Semi-tendíneo), foi realizada uma incisão longitudinal na pele, na face anterior do joelho, de média 20 cm, em seguida procedeu-se a artrotomia para patelar medial seccionando conjuntamente o Ligamento Patelar-Femoral Medial (LPFM). Para determinar o limite superior da artrotomia, nós utilizamos como parâmetro o comprimento total da patela medido com auxílio de um paquímetro, e fizemos a incisão para-tendinosa medial do quadríceps até o limite desta medida (Figuras 2A e 2B). Quanto ao restante da incisão, a artrotomia se estendeu do pólo superior da patela até a inserção do tendão Patelar na Tuberosidade Anterior da Tíbia (TAT). Colocamos então o joelho em 30 graus de flexão, e instalamos um sistema de tração lateral para a Patela, que constava de um braço metálico fixo a mesa onde o cadáver estava disposto, o qual possuía em sua extremidade livre uma roldana, e de um cabo de aço de 5 mm de diâmetro, que tinha em uma das pontas um gancho duplo que se fixava a borda medial da patela e na outra um gancho simples ao qual se fixava um recipiente de capacidade de dez litros. Adicionamos água de forma progressiva com auxílio de um copo graduado até que ocorresse a luxação da patela (figura 3). Uma vez que ocorresse a luxação da patela, nós pesamos o conteúdo líquido com auxílio de uma balança de precisão e calculamos a média, em gramas, entre o que foi colocado de líquido com o copo graduado e a massa medida na balança, para obter a medida da força que foi necessária para provocar a luxação lateral da patela. Após coletados os dados, nós iniciávamos a segunda parte do experimento, ainda no grupo I, onde realizamos a reconstrução LPFM com a utilização do tendão do Semi-tendíneo.

A Tendão do Semi-tendíneo foi removido com auxílio de um extrator como forma de um enxerto livre. A Patela foi transfixada em seu terço medial com uma broca 2,7mm de diâmetro, de medial para lateral em toda sua largura. Em seguida alargamos o túnel na face medial com uma broca de 3,2mm de Diâmetro nos primeiros 10 mm. Suturas foram colocados em uma das extremidades livres do tendão e foram então passadas através da parte alargada do túnel patelar de medial para lateral e então foi suturado nesta posição sobre retináculo lateral da Patela. A fixação femoral era feita na inserção femoral do Tendão do Adutor Magno, passando o enxerto sob um túnel Osteoperiosteal criado nesta posição e suturado sobre si mesmo¹⁹.

Após a reconstrução ter sido concluída, a mesma foi seccionada, para simular a falha, e novamente se instalou o sistema de tração lateral para medir a força necessária para obter a luxação lateral da patela (FIGURA 4A). De forma idêntica a realizada para medir esta força quando da liberação das estruturas mediais, medimos a quantidade de água em mililitros no copo graduado e a massa em gramas na balança de precisão. Desta forma obtivemos uma proporção da diferença da força empregada em cada experimento, no antes e depois da reconstrução.

No grupo II (Ligamento Patelar), os joelhos foram abordados da mesma maneira que aqueles do grupo I, obedecendo à mesma rotina de liberação das estruturas mediais. Em seguida, procedemos à instalação do sistema de tração lateral até que ocorresse a luxação lateral da Patela, onde foram obtidos os dados. A segunda parte do experimento no grupo II, constou da realização de uma medida da largura do Ligamento Patelar, no ponto exato em que este se insere no

pólo inferior da Patela, com auxílio de um paquímetro. Uma vez esta medida tomada, nós dividíamos o valor em três partes e tomamos o terço medial, retirávamos um retalho longitudinal, de em média de 11 cm de comprimento do Ligamento Patelar, desinserido da TAT, e superiormente com uma parte do periósteo da patela para ganhar comprimento, deixando o mesmo inserido no pólo superior da Patela. A extremidade livre do retalho era então fixada no epicôndilo medial do Fêmur, reconstruindo o LPFM (15). Em seguida o mesmo era seccionado no seu terço médio, simulando a falha, de maneira semelhante ao ocorrido nas amostras do grupo I. Dando continuidade ao experimento, foi então instalado o sistema de tração lateral e medida a quantidade de água em mililitros no copo graduado e a massa em gramas na balança de precisão. Desta forma obtivemos uma proporção entre a diferença da força empregada em cada experimento, antes e depois da reconstrução. (FIGURA 5A e 5B)

No grupo III (Terço medial do Tendão do Quadríceps), os joelhos foram abordados da mesma maneira que aqueles dos grupos anteriores, obedecendo a mesma rotina de liberação das estruturas mediais. Em seguida, procedemos a instalação do sistema de tração lateral até que ocorresse a luxação lateral da Patela, onde foram obtidos os dados. A segunda parte do experimento no grupo III, constou da realização de uma medida da largura do tendão do quadríceps, com auxílio de um paquímetro, no ponto exato em que se insere no pólo superior da Patela. Uma vez que esta medida foi tomada, dividimos em três partes e tomamos terço medial, obtivemos um retalho longitudinal, em média de 13 cm de comprimento, do tendão do Quadríceps, deixando o mesmo

inserido no pólo superior da Patela. A extremidade livre do retalho era então fixada no epicôndilo medial do Fêmur, reconstruindo o LPFM (16). Em seguida o mesmo era seccionado no seu terço médio, simulando a falha, semelhante ao ocorrido nas amostras dos grupos I e II. Dando continuidade ao experimento, foi instalado o sistema de tração lateral e medida a quantidade de água em mililitros no copo graduado e a massa em gramas na balança de precisão (FIGURA 6A, 6B e 6C). Desta forma obtivemos uma proporção da diferença da força empregada em cada experimento, antes e depois da reconstrução.

No grupo IV (Terço central do Tendão do Quadríceps), os joelhos foram abordados da mesma maneira que aqueles dos grupos anteriores, obedecendo a mesma rotina de liberação das estruturas mediais. Em seguida, procedeu-se à instalação do sistema de tração lateral até que ocorresse a luxação lateral da Patela, onde foram obtidos os dados. A segunda parte do experimento no grupo III, constou da tomada da medida da largura do tendão do quadríceps, com auxílio de um paquímetro, no ponto exato em que se insere no pólo superior da Patela. Uma vez tomada esta medida, nós dividimos o valor em três partes e tomamos o terço central do tendão quadricipital, obtendo um retalho longitudinal, em média de 14 cm de comprimento, deixando o mesmo inserido no pólo superior da Patela. A extremidade livre do retalho foi então fixada no epicôndilo medial do Fêmur, reconstruindo o LPFM (14). Em seguida o mesmo foi seccionado no seu terço médio, simulando a falha, semelhante ao ocorrido com as amostras dos grupos anteriores. Dando continuidade ao experimento, foi instalado o sistema de tração lateral e medimos a quantidade de água em mililitros no copo graduado e o massa em gramas

na balança de precisão (FIGURAS 7A, 7B e 7C). Desta forma obtivemos uma proporção da diferença da força empregada em cada experimento, antes e depois da reconstrução.

Medidas de Resultado

As amostras foram avaliadas antes e depois do experimento, no mesmo dia, sendo feitas as medidas da força necessária para produzir a luxação lateral da Patela, antes e depois da simulação da falha da reconstrução do MPFL em cada uma das técnicas. A quantidade de água necessária para produzir a luxação lateral da Patela, pela da sua massa, foi obtida através de um copo graduado e de uma balança de precisão.

Análise estatística

Uma análise do poder foi realizada com o pressuposto de que uma diferença máxima de 10% de diminuição da força antes/depois seria clinicamente significativa.

A análise estatística dos dados obtidos permitiu comparar os grupos entre si e os mesmos foram expressos em frequência e percentagem. Os dados foram analisados no SPSS 18.0 e o alfa adotado foi de 5%, com um poder de 80%. Com utilização do teste de Shapiro-Wilk verificamos que os

dados tinham distribuição normal. Para comparação entre os grupos foi realizada Análise de Variância (ANOVA).

Resultados

Um total de oito cadáveres distribuídos de forma randômica, geração de envelopes por computador, em quatro grupos de dois, perfazendo quatro joelhos em cada grupo. No Grupo I ficaram as amostras que foram submetidas à reconstrução do LPFM com o enxerto livre do tendão do músculo Semi-Tendíneo. No grupo II ficaram as amostras que foram submetidas a reconstrução do LPFM com o terço medial do Ligamento Patelar. No Grupo III ficaram as amostras que foram submetidas a reconstrução do LPFM com o terço medial do tendão do Quadríceps. No Grupo IV ficaram as amostras que foram submetidas a reconstrução do LPFM com o terço central do tendão do Quadríceps.

No grupo I nós encontramos uma média de 4.541 gramas de peso (45.5 N de força) necessária para provocar na luxação lateral da Patela na primeira fase do experimento, ou seja antes da reconstrução do LPFM. Na segunda fase do experimento, após a reconstrução e secção do neo-ligamento, nós encontramos uma média de 4.517 gramas de peso (45.5 N de força) necessária para provocar a luxação lateral da Patela. Portanto no grupo I, após a falência provocada do LPFM reconstruído, para causar a luxação lateral da Patela foi necessária uma força, em média, de 99,45% da força necessária para produzir a luxação antes da reconstrução do LPFM.

No grupo II nós encontramos uma média de 3.768 gramas de peso (37.6 N de força) necessária para provocar na luxação lateral da Patela na primeira fase do experimento, ou seja antes da reconstrução do LPFM. Portanto na segunda fase do experimento, após a reconstrução e secção do neo-ligamento, nós encontramos uma média de 2.506 gramas de peso (25 N de força) necessária para provocar a luxação lateral da Patela. Portanto no grupo II, após a falência provocada do LPFM reconstruído, para causar a luxação lateral da Patela foi necessária, em média, apenas uma força de 66,50% da força necessária para produzir a luxação antes da reconstrução do LPFM.

No grupo III nós encontramos uma média de 4.319 gramas de peso (43 N de força) necessária para provocar na luxação lateral da Patela na primeira fase do experimento, ou seja antes da reconstrução do LPFM. Na segunda fase do experimento, após a reconstrução e secção do neo-ligamento, nós encontramos uma média de 1.216 gramas de peso (12 N de força) necessária para provocar a luxação lateral da Patela. Portanto no grupo III, após a falência provocada do LPFM reconstruído, para causar a luxação lateral da Patela foi necessária, em média, uma força 28,15% da força necessária para produzir a luxação antes da reconstrução do LPFM.

No grupo IV nós encontramos uma média de 3.888 gramas de peso (38 N de força) necessária para provocar na luxação lateral da Patela na primeira fase do experimento, ou seja antes da reconstrução do LPFM. Na segunda fase do experimento, após a reconstrução e secção do neo-ligamento, nós encontramos uma média de 3.307 gramas de peso (33 N de força) necessária para provocar a luxação lateral da Patela. No grupo IV, após a falência provocada do LPFM reconstruído, para causar a luxação

lateral da Patela foi necessária, em média, uma força 85,05% da força necessária para produzir a luxação antes da reconstrução do LPFM.

Neste estudo experimental pareado, nós encontramos que existe uma diferença entre os diferentes enxertos empregados na reconstrução do MPFL, em relação estabilidade da patela, caso esta reconstrução venha a falhar. Na comparação entre o grupo I (Semi-Tendíneo) e o grupo II (Tendão Patelar), constatamos uma diferença, sendo que a força necessária para produzir a luxação depois da simulação da falha foi de 99,45% da força aplicada antes da falha no grupo I e de 66,5% no grupo II, ou seja uma força cerca de 35% menor para produzir a luxação no grupo I. Encontramos uma diferença significativa na análise Post-Hoc entre os grupo I (Semi-Tendíneo) e o grupo II (Tendão Patelar), com $p=0,028$.

Na comparação entre o grupo I (Semi-Tendíneo) e o grupo III (Terço medial do tendão do Quadríceps), constatamos uma diferença, sendo que a força necessária para produzir a luxação depois da simulação da falha foi de 99,45% da força aplicada antes da falha no grupo I e de 28,16% no grupo III, ou seja uma força cerca de 72% menor para produzir a luxação no grupo III. Encontramos uma diferença significativa na análise Post-Hoc entre o grupo "0" (Semi-Tendiíneo) e o grupo III (Terço medial do tendão do Quadricipital), com $p<0,001$.

Na comparação entre o grupo I (Semi-Tendíneo) e o grupo IV (Terço central do tendão do Quadríceps), constatamos uma diferença, sendo que a força necessária para produzir a luxação depois da simulação da falha foi de 99,45% da força aplicada antes da falha no grupo I e de 85,05% no grupo IV, ou seja uma força cerca de 15% menor para produzir

a luxação no grupo III. Não encontramos uma diferença significativa na análise Post-Hoc entre o grupo 0 (Semi-Tendíneo) e o grupo III (Terço central do tendão do Quadricipital), com $p > 0,999$.

A análise estatística demonstrou diferença significativa entre os grupos I e II, e entre os grupos I e III, com $p < 0,05$. Embora exista diferença entre os grupos I e IV, esta não foi estatisticamente significativa. (GRAFICO I)

Discussão

A luxação patelar se caracteriza por uma falha na manutenção da estabilidade da patela entre os côndilos femorais. O ligamento patelo-femoral medial (LPFM) conecta o côndilo femoral medial à borda medial da patela. Este ligamento é o principal restritor da lateralização da patela³, ele é corrompido desde a primeira luxação, e raramente, retorna a sua função completa. A reconstrução do LPFM é de grande valia em casos de luxação recidivante, Porém algumas técnicas utilizadas na sua reconstrução podem alterar alguns fatores de estabilização, e poucos relatos tem sido descritos sobre as complicações em caso de falha destas reconstruções. Muitos trabalhos têm sido publicados descrevendo técnicas de reconstrução do MPFL e seus resultados^{5,14,15,16,18,19,20,22,23,24}. Outros autores relatam causas possíveis de falhas no tratamento^{14,15,16,29,30}. Porém não há estudos em relação aos resultados das reconstruções em diferentes técnicas em caso de falha das mesmas. Os tendões patelar e quadricipital provêm um forte vetor de força

posterior durante a flexão do joelho, contribuindo para aumentar a estabilidade na flexão do joelho ³. Desta forma, procedimentos cirúrgicos que utilizam essas duas estruturas para a reconstrução do LPFM ¹⁴⁻¹⁷ estão sob risco de, em caso de falha, agravar ainda mais a instabilidade patelar piorando a condição do paciente. Comparativamente, técnicas que utilizam estruturas não ligadas primariamente a estabilidade femoro-patelar ¹⁸⁻²⁰ seriam mais seguras..

Nós encontramos em nosso estudo uma diferença entre o grupo que utilizou o enxerto livre o Semi-Tendíneo e os grupos que utilizaram o tendão Patelar e o tendão do quadríceps na reconstrução do LPFM, em relação a instabilidade resultante após falha provocada na cirurgia de reconstrução. Sendo a diferença entre o grupo do tendão do Semi-Tendíneo e os grupos do tendão patelar e terço medial do tendão do quadríceps estatisticamente significativa com $p < 0,05$.

Alguns autores¹⁴ relacionam apenas complicações da técnica cirúrgica, tais como avulsão da inserção do tendão do quadríceps no pólo superior da patela. Noyes and Albright¹⁵ apontam os distúrbios rotacionais como potenciais fontes de falhas para as reconstruções do MPFL e realinhamento distal. Por outro lado Feller et al²⁹ ressalta o risco sobrecarga na articulação femoro-patelar levando a degeneração em caso de uma reconstrução não isométrica ou muito tensa. Não encontramos na literatura nenhum estudo que tenha avaliado a força necessária para produzir a luxação da patela após falha da reconstrução.

Conclusão

Concluimos que existe diferença na instabilidade resultante após provocação cirúrgica de falha da reconstrução do ligamento Patelofemoral Medial (LPM) em joelhos de cadáver, nos quatro enxertos mais utilizados neste procedimento. Concluimos ainda que a técnica que utiliza o enxerto livre do Semi-tendíneo oferece menor risco em caso de falha, pois não apresentou diferença entre a força necessária para produzir a luxação lateral da patela, antes e depois da simulação da falha da reconstrução.

Referências

1 - David Ip. Orthopedic Traumatology – A Resident’s Guide Second Edition. 2006, 411-413.

2 - Jackson, Douglas W. Master Techniques in Orthopaedic Surgery: Reconstructive Knee Surgery. 3rd Edition, 2008 Lippincott Williams & Wilkins

3 - A.A.Amis, P.Firer, J.Mountney, W.Senavongse, N.P.Thomas. Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. The Knee 10 (2003) 215–220.

4 - Desio IDS, Burk RT, Bachus KN. Soft tissue restraint to lateral patellar translation in the human knee. Am J Sports Med 1998;26:59-65.

5 - Martin Lind, Bent W Jakobsen, Bent Lund, and Svend Erik Christiansen. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for treatment of patellar instability. *Acta Orthopaedica* 2008; 79 (3): 354–360

6 - Aichroth PM, Al-Duri Z. Dislocation and subluxation of the patella: an overview. In: Aichroth PM, Al-Duri Z, editors. *Knee surgery*. Deutscher Arzte-Verlag Koln: Martin Dunitz Ltd, 1992:354]379.

7 - Dandy DJ. *Arthroscopic management of the knee*, second edition. New York: Churchill Livingstone, 1987.

8 - Hughston JC, Walsh WM, Puddu G. *Patellar subluxation and dislocation*. Philadelphia: WB Saunders Company, 1984.

9 - Hughston JC, Deese M. Medial subluxation of the patella as a complication of lateral retinacular release. *Am J Sports Med* 1988;16:383-388

10 - Alexis Chiang Colvin and Robin V. West. Patellar Instability. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90:2751-2762.

11 - McManus F, Rang M, Heslin D J. Acute dislocation of the patella in children. The natural history. *Clin Res* 1979; (139): 88-91.

12 - Barney L, Freeman I. Recurrent dislocation. In: *Campbell's Operative Orthopaedics*. Seventh edition, Mosby, Philadelphia 1987 ; 52 : pp 2173-2184.

13 - Insall JN. Disorders of the patella. In : Insall JN (ed). *Surgery of the Knee*. Churchill Livingstone, New York, 1984, pp 191-260.

14 - Robert N. Steensen, M.D., Ryan M. Dopirak, M.D., and Peter B. Maurus, M.D. A Simple Technique for Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament Using a Quadriceps Tendon Graft. *Arthroscopy*, Vol 21, No 3 (March), 2005: pp 365-370

15 - Frank R. Noyes, M.D., and Jay C. Albright, M.D. Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament With Autologous Quadriceps Tendon. *Arthroscopy*, Vol 22, No 8 (August), 2006: pp 904.e1-904.e7

16 - Gilberto Luis Camanho, M.D., Alexandre C. Bitar, M.D., Arnaldo J. Hernandez, M.D., and Rogério Olivi. Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Novel Technique Using the Patellar Ligament. *Arthroscopy*, Vol 23, No 1 (January), 2007: pp 108.e1-108.e4

17 - Robert A. Teitge and Roger Torga Spak. Lateral Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy*, vol 20, No 9 (November), 2004: pp 998-1002

18 - Ellera Gomes JL. Medial patellofemoral reconstruction for recurrent dislocation of the patella: A preliminary report. *Arthroscopy* 1992;8:335-340.

19 - Ellera Gomes JL, Stigler Marczyk LR, César de César P, Jungblut CF. Medial patellofemoral ligament reconstruction with semitendinosus autograft for chronic patellar instability: A follow up study. *Arthroscopy* 2004;20:147-151.

20 - Svend Erik Christiansen, M.D., Bent W. Jacobsen, M.D., Bent Lund, M.D., and Martin Lind, M.D., Ph.D. Reconstruction of the Medial

Patellofemoral Ligament With Gracilis Tendon Autograft in Transverse Patellar Drill Holes. *Arthroscopy*, Vol 24, No 1 (January), 2008: pp 82-87

21 - Ellera Gomes JL, Marczyk LR, Ruthner RP. Arthroscopic exposure of the patellar articular surface. *Arthroscopy* 2001; 17:98-100.

22 - Elizabeth A. Arendt, MDa, Donald C. Fithian, MD Emile Cohen, MD. Current concepts of lateral patella dislocation *Clin Sports Med* 21 (2002) 499–519

23 - Martin Lind; Bent W. Jakobsen; Bent Lund; Svend Erik Christiansen. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for treatment of patellar instability. *Acta Orthopaedica* 2008; 79 (3): 354–360

24 - Alexander B. LeGrand,MD, Patrick E. Greis,MD, Ryan E. Dobbs,MD, and Robert T. Burks,MD. MPFL Reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev* _ Volume 15, Number 2, June 2007

25 - Jesse C. DeLee; David Drez Jr. DeLee and Drez's Orthopaedic Sports Medicine, 2nd ed, 2003. pp:1588-1592. Saunders

26 - Mark Dutton, PT. Orthopaedic Examination, Evaluation, & Intervention. 2004. McGraw-Hill

27 - Canale. S. Campbell's Operative Orthopaedics, 11 ed.,Ed. Mosby.

28 - J.J. Mason, F. Leszko, T. Johnson, R.D. Komistek. Patellofemoral joint forces. *Journal of Biomechanics* 41 (2008) 2337–2348.

29 – J.A. Feller, M.B.B.S., F.R.A.C.S., A.A. Amis, J.T. Andrish, E.A. Arendt, P.J. Erasmus, C.M. Powers,. Surgical Biomechanics of the Patellofemoral Joint. *Arthroscopy* 2007;23;542-553.

30- M Bolier, J Fulkerson, A Cosgarea, M Tanaka. Technical Failure of Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 2011; 27;1153-1159.

31- M Jacobi, N Reischl, M Bergmann, et al. Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament Using the Adductor Magnus Tendon: An Anatomic Study. *Arthroscopy* 2012; 28;105-109.

32- J E Gomes. Comparison between a static and dynamic technique for Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 2008;24;430-435.

FIGURA 1

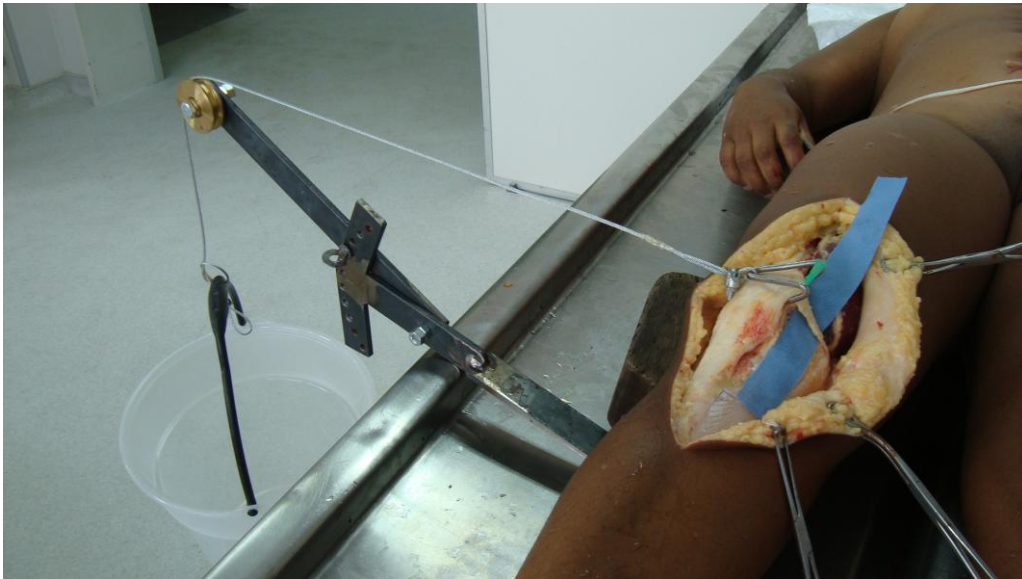


Figura 1. demonstração do dispositivo para produzir a luxa o lateral da patela experimental. Através de gancho duplo preso a borda medial da patela com o joelho em 30 graus de flexão, e um cabo de aço fixo na outra extremidade a um reservatório onde   colocado peso de forma gradual até que ocorra a luxa o.

FIGURAS 2A, 2B

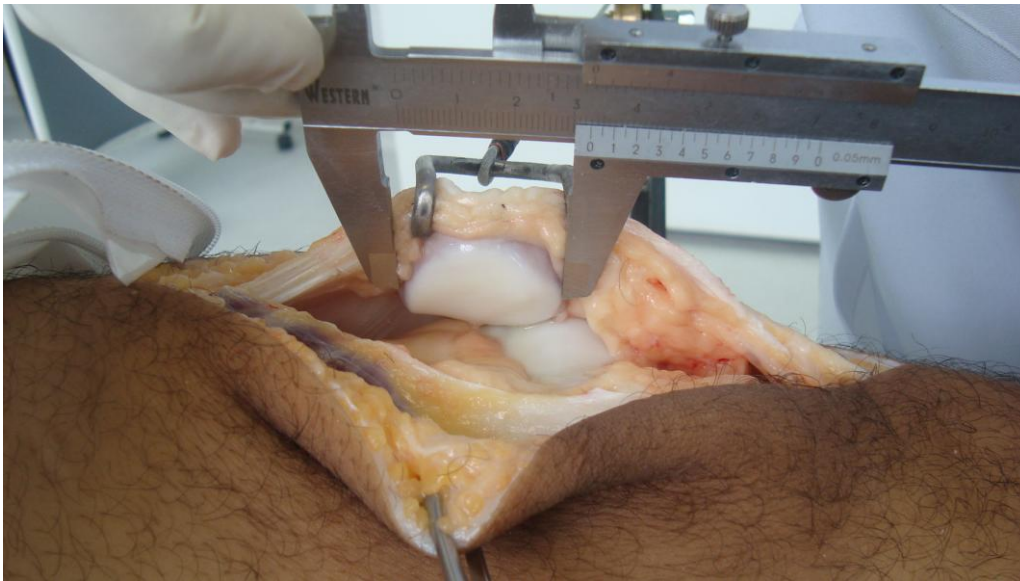


Figura 2^a. Tomada da medida do comprimento da patela, que servirá de referencia para o limite superior da artrotomia.



Figura 2B. Utilizando a medida obtida do comprimento da patela como referencia para o limite superior da artrotomia.

FIGURA 3

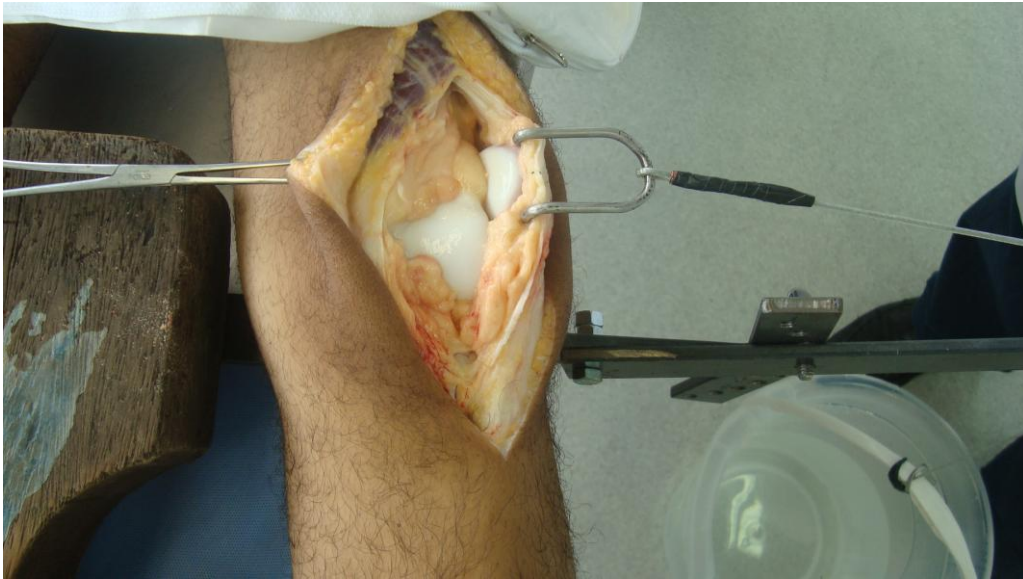


Figura 3. Obtenção de luxação lateral da patela experimental através do dispositivo de tração lateral.

FIGURAS 4A, 4B

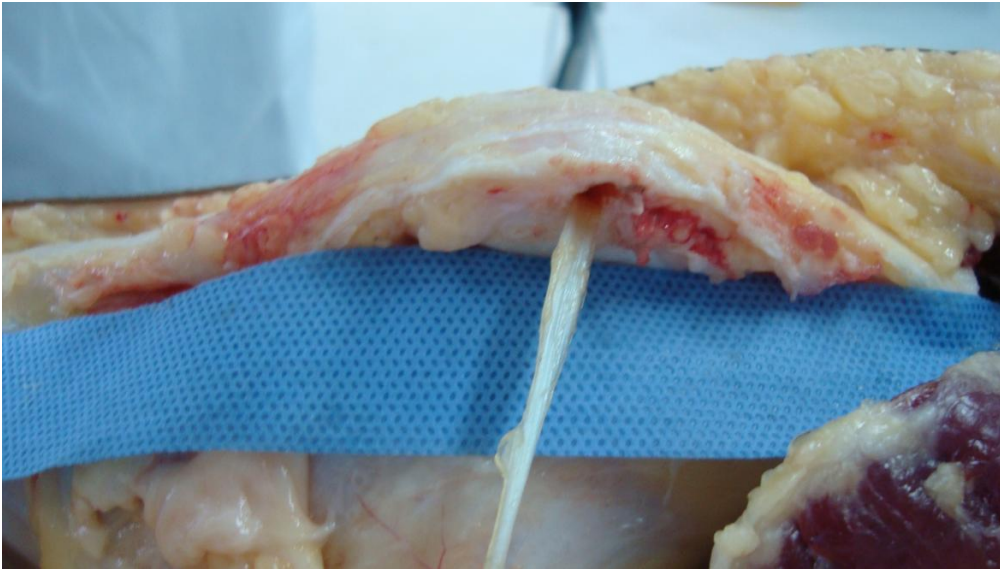


Figura 4A . Reconstrução do Ligamento Patelofemoral Medial com o Tendão do Semi-tendíneo.

Patelo Femoral Medial.

FIGURAS 5A, 5B



Figura 5 A. Após provocar a luxação da patela antes da reconstrução, é realizada a reconstrução do ligamento Patelo-Femoral Medial, (na fotografia exemplo com o tendão patelar).



Figura 5B. Realização do teste de provocação lateral da Patela após a falha provocada da reconstrução do Ligamento Patelo-Femoral Medial com o tendão Patelar.

FIGURAS 6A, 6B E 6C



Figura 6 A. No exemplo a reconstrução do Ligamento Femoro-Patelar Medial com o terço medial do tendão do Quadríceps.



Figura 6B. No exemplo a simulação provocada de falha da reconstrução do Ligamento Patelo-Femoral Medial.

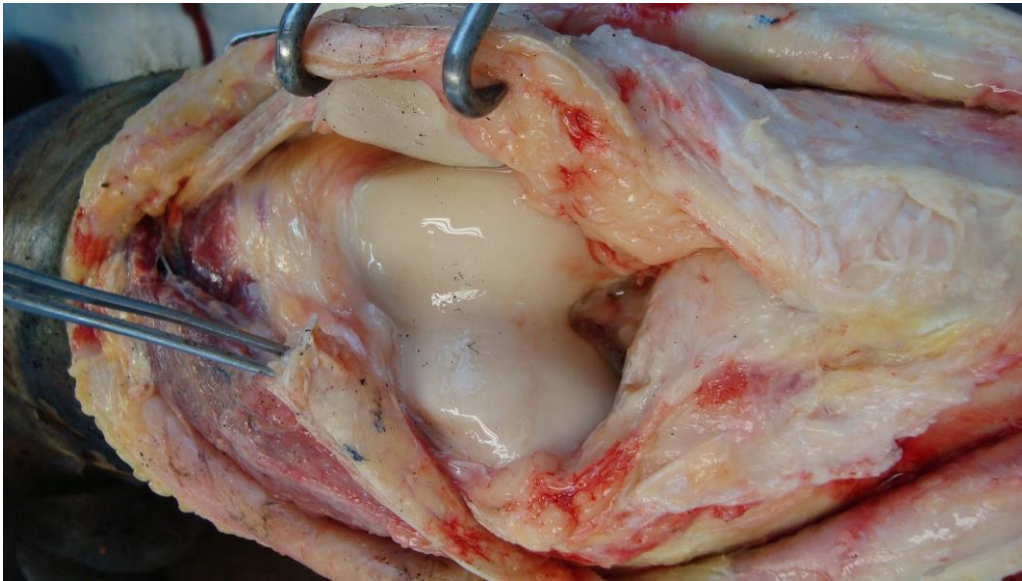


Figura 6C. A provocação da luxação lateral da Patela após a falha simulada de reconstrução do Ligamento Patelo-femoral Medial. (No exemplo após a reconstrução com o terço medial do Tendão do Quadríceps).

FIGURAS 7ª, 7B, E 7C

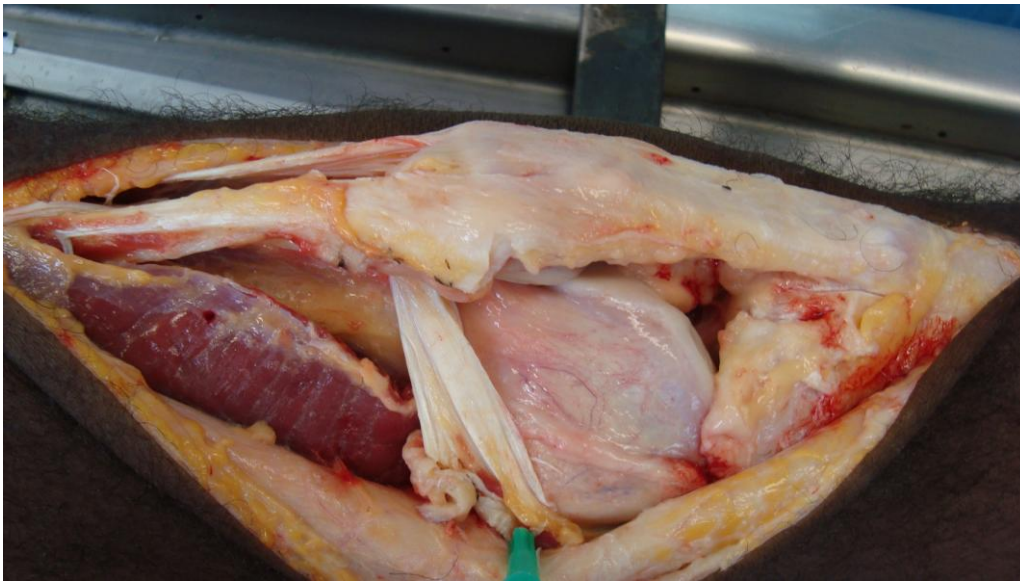


Figura 7 A. Reconstrução do Ligamento Pateló-Femoral Medial com o terço central do Tendão do Quadríceps.

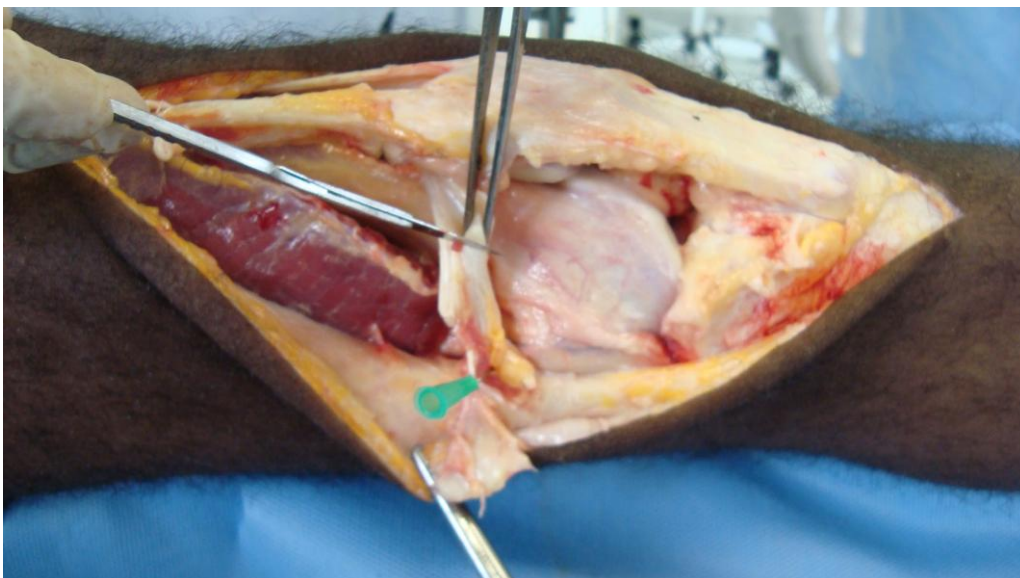


Figura 7B. Provação de falha simulada após a reconstrução do Ligamento Pateló-Femoral Medial com o terço central do Tendão do Quadríceps.

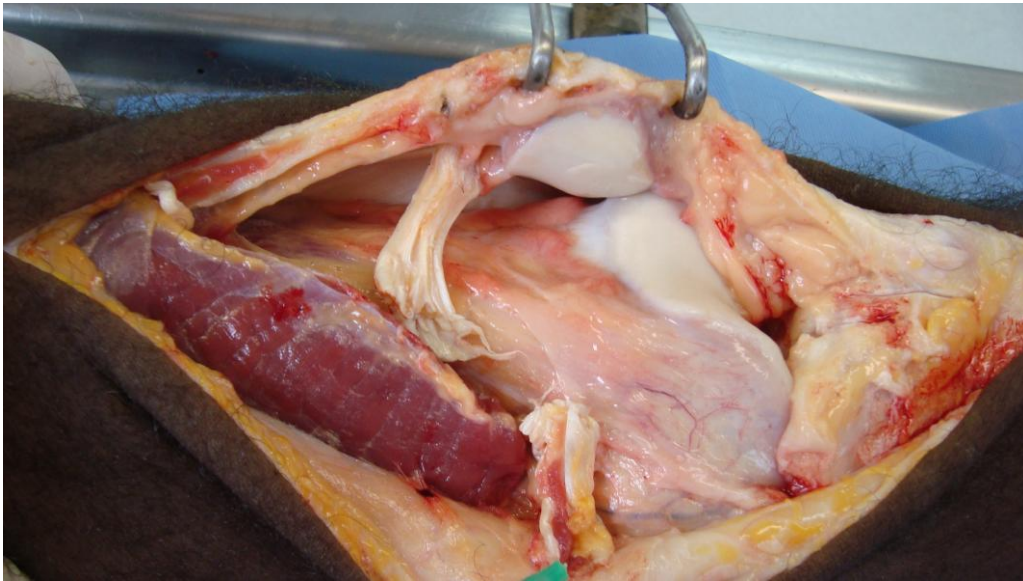


Figura 7C. Teste de provocação da Luxação lateral da Patela após a falha simulada da reconstrução do Ligamento Patelofemoral Medial.

GRÁFICO I

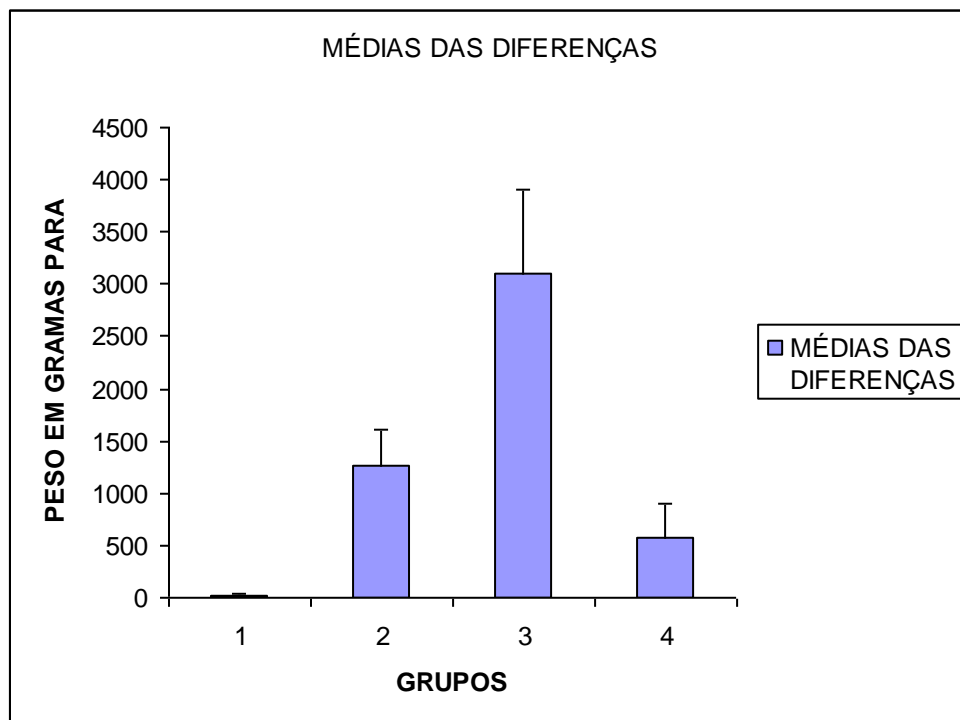


GRAFICO I

Expressa as médias da diferença e o desvio padrão, antes e depois, da força

peso em gramas necessária para produzir a luxação lateral da patela nos diferentes grupos.